

ISSN 2414-9845 (Online)  
ISSN 2410-0242 (Print)



**ИННОВАЦИОННАЯ  
ТЕХНИКА И  
ТЕХНОЛОГИЯ**

**INNOVATIVE MACHINERY & TECHNOLOGY**

**Том 10**

**№ 2**

**2023**

**Научно-теоретический и практический журнал**

ISSN 2414-9845 (Online)

ISSN 2410-0242 (Print)

## ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Том 10, № 2, 2023

Научно-теоретический и практический журнал  
Издается с 2014 года

### Главный редактор

**Д. И. Фролов**, канд. техн. наук, доцент  
Пензенский государственный технологический  
университет, Пенза, Россия

### Зам. главного редактора

**А. А. Курочкин**, д-р техн. наук, профессор  
Пензенский государственный технологический  
университет, Пенза, Россия

### Редакционная коллегия:

- А. М. Зимняков**, канд. хим. наук, доцент  
Пензенский государственный университет,  
Пенза, Россия;
- В. М. Зимняков**, д-р экон. наук, профессор  
Пензенский государственный аграрный  
университет, Пенза, Россия;
- А. И. Купреенко**, д-р техн. наук, профессор  
Брянский государственный аграрный университет,  
Брянск, Россия;
- В. И. Курдюмов**, д-р техн. наук, профессор  
Ульяновская государственная сельскохозяйственная  
академия имени П. А. Столыпина, Ульяновск, Россия;
- О. Н. Кухарев**, д-р техн. наук, профессор  
Пензенский государственный аграрный  
университет, Пенза, Россия;
- В. А. Милюткин**, д-р техн. наук, профессор  
Самарский государственный аграрный  
университет, Кинель, Россия;
- В. Ф. Некрашевич**, д-р техн. наук, профессор  
Рязанский государственный агротехнологический  
университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия;
- А. Н. Омаров**, канд. техн. наук, доктор философии  
Западно-Казахстанский инновационно-  
технологический университет, Уральск, Казахстан;
- С. В. Чекайкин**, канд. техн. наук, доцент  
Пензенский государственный технологический  
университет, Пенза, Россия;
- Г. В. Шабурова**, канд. техн. наук, доцент  
Пензенский государственный технологический  
университет, Пенза, Россия

### Адрес редакции:

Фролов Дмитрий Иванович  
г. Пенза, ул. Антонова, д.26 к.209  
E-mail: [surr@itit58.ru](mailto:surr@itit58.ru), [surr@bk.ru](mailto:surr@bk.ru)  
Сайт: <https://itit58.ru>  
*Издается 4 раза в год*

Журнал «Инновационная техника и технология»  
индексируется в РИНЦ (<http://www.elibrary.ru>),  
Google Scholar, ICI World of Journals,  
DOAJ (<https://doaj.org/toc/2410-0242>), AGRIS.

© Фролов Д. И., 2023

## INNOVATIVE MACHINERY AND TECHNOLOGY

Volume 10, Issue 2, 2023

Scientific theoretical and practical journal  
Issued since 2014

### Editor-in-Chief

**D. I. Frolov**, candidate of technical sciences,  
associate professor  
Penza State Technological University, Penza, Russia

### Deputy-chief editor

**A. A. Kurochkin**, doctor of technical sciences, professor  
Penza State Technological University, Penza, Russia

### Editorial board members:

- A. M. Zimnyakov**, cand. of chemical sciences,  
assoc. professor  
Penza State University, Penza, Russia;
- V. M. Zimnyakov**, doctor of economic sciences,  
professor  
Penza State Agrarian University, Penza, Russia;
- A. I. Kupreenko**, doctor of technical sciences,  
professor  
Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russia;
- V. I. Kurdyumov**, doctor of technical sciences, professor  
Ulyanovsk State Agricultural Academy  
in honor of P.A. Stolypin, Ulyanovsk, Russia;
- O. N. Kuharev**, doctor of technical sciences,  
professor  
Penza State Agrarian University, Penza, Russia;
- V. A. Milutkin**, doctor of technical sciences,  
professor  
Samara State Agrarian University, Kinel, Russia;
- V. F. Nekrashevich**, doctor of technical sciences, professor  
Ryazan State Agrotechnological University  
Named After P.A. Kostychev, Ryazan, Russia;
- A. N. Omarov**, cand. of technical sciences, PhD  
West Kazakhstan Innovative  
and Technological University, Uralsk, Kazakhstan;
- S. V. Chekaykin**, cand. of technical sciences,  
associate professor  
Penza State Technological University, Penza, Russia;
- G. V. Shaburova**, candidate of technical sciences,  
associate professor  
Penza State Technological University, Penza, Russia

### The editorial office address:

Dmitry Ivanovich Frolov  
Penza, st. Antonov 26-209  
E-mail: [surr@itit58.ru](mailto:surr@itit58.ru), [surr@bk.ru](mailto:surr@bk.ru)  
website: <https://itit58.ru>  
*Issued 4 times a year*

“Innovative machinery and technology”  
indexed in the RSCI (<http://www.elibrary.ru>),  
Google Scholar, ICI World of Journals,  
DOAJ (<https://doaj.org/toc/2410-0242>), AGRIS.

© Frolov D. I., 2023

---

# СОДЕРЖАНИЕ

## ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

<b>Методы снижения содержания полициклических ароматических углеводов в копченых мясных продуктах</b> <i>Блинохватов А.А., Пияйко П.И.</i> .....	5
<b>Нетрадиционные растительные обогатители безалкогольных напитков брожения</b> <i>Буренкова С.А., Гарькина П.К.</i> .....	11
<b>Цветовая характеристика мяса птицы, упакованной в модифицированной газовой среде</b> <i>Курицына Ю.С., Фролов Д.И.</i> .....	15
<b>Поликомпонентная пищевая добавка на основе овощной фасоли</b> <i>Курочкин А.А., Новикова О.А.</i> .....	19
<b>Оценка качества приготовления спагетти</b> <i>Павлова Ю.А., Фролов Д.И.</i> .....	25
<b>Разработка макарон и лапши на основе водных экстрактов и порошков из растительных продуктов Тамбовской области</b> <i>Родионов Ю.В., Зайцев Д.А., Рыбин Г.В., Матвеев Д.А., Гливенкова О.А.</i> .....	31
<b>Проектирование рецептов с помощью искусственного интеллекта</b> <i>Фролов Д.И., Сергеева М.А.</i> .....	37
<b>Технологии безопасной консервации продуктов животного происхождения</b> <i>Юрна Д.А., Фролов Д.И.</i> .....	44

## ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

<b>Анализ рабочего процесса энергоэффективного экструдера</b> <i>Курочкин А.А., Аширов Р.Р.</i> .....	52
--	----

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

<i>Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей</i> .....	58
<i>Требования к оформлению статьи</i> .....	58

---

# CONTENTS

## FOOD TECHNOLOGY

### Methods for reducing the content of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products

*Blinohvatov A.A., Piyaike P.I.* ..... 5

### Non-traditional vegetable fortifiers of non-alcoholic beverages fermentation drinks

*Burenkova S.A., Garkina P.K.* ..... 11

### Color characteristics of poultry meat packaged in a modified atmosphere

*Kuritsyna Yu.S., Frolov D.I.* ..... 15

### Multicomponent food additive based on vegetable beans

*Kurochkin A.A., Novikova O.A.* ..... 19

### Assessing the quality of spaghetti cooking

*Pavlova Yu.A., Frolov D.I.* ..... 25

### Development of pasta and noodles based on aqueous extract and powders from plant products of the Tambov region

*Rodionov Yu.V., Zaitsev D.A., Rybin G.V., Matveev D.A., Glivenkova O.A.* ..... 31

### Recipe design using artificial intelligence

*Frolov D.I., Sergeeva M.A.* ..... 37

### Technologies for safe preservation of animal products

*Yurna D.A., Frolov D.I.* ..... 44

## TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

### Analysis of the working process of an energy-efficient extruder

*Kurochkin A.A., Ashirov R.R.* ..... 52

## AUTHOR GUIDELINES

*The procedure for consideration, approval and rejection of articles* ..... 58

*Article requirements* ..... 58

# ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

## FOOD TECHNOLOGY

УДК 664:543

### Методы снижения содержания полициклических ароматических углеводородов в копченых мясных продуктах

*Блинохватов А.А., Пияйко П.И.*

**Аннотация.** В статье представлены методы снижения содержания полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в приготовленных на гриле или копченых мясных и рыбных продуктах. Результаты обзора показали, что стратегии снижения содержания ПАУ можно применять либо до (или во время) приготовления на гриле или копчения (барьерные методы), либо после приготовления на гриле или копчения (методы удаления). Перед приготовлением на гриле или копчением основными стратегиями, которые можно применить, являются использование маринада, предварительный нагрев продуктов, подходящее топливо (с низким содержанием лигнина), фильтр, система сбора сока и жира (во избежание их попадания в угли). После приготовления на гриле или копчения методы заключаются в промывании поверхности копченых или жареных продуктов горячей водой (60 °С) или хранении копченых продуктов, упакованных в полиэтилен низкой или высокой плотности.

**Ключевые слова:** копчение, гриль, обработка, бенз(а)пирен, удаление ПАУ, безопасность пищевых продуктов.

**Для цитирования:** Блинохватов А.А., Пияйко П.И. Методы снижения содержания полициклических ароматических углеводородов в копченых мясных продуктах // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 2. С. 5–10.

### Methods for reducing the content of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products

*Blinohvatov A.A., Piyaiiko P.I.*

**Abstract.** This article presents methods for reducing polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in grilled or smoked meat and fish products. The results of the review showed that PAH reduction strategies can be applied either before (or during) grilling or smoking (barrier methods) or after grilling or smoking (removal methods). Before grilling or smoking, the main strategies that can be applied are the use of a marinade, pre-heating the food, suitable fuel (low lignin), a filter, a collection system for juices and fat (to prevent them from getting into the coals). After grilling or smoking, methods include rinsing the surface of the smoked or fried food with hot water (60°C) or storing the smoked food packaged in low-density or high-density polyethylene.

**Keywords:** smoking, grilling, processing, benzo(a)pyrene, PAH removal, food safety.

**For citation:** Blinohvatov A.A., Piyaiiko P.I. Methods for reducing the content of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 2. pp. 5–10. (In Russ.).

## Введение

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) являются загрязнителями окружающей среды, которые также обнаруживаются в обработанных пищевых продуктах после термической обработки, такой как жарка, приготовление на гриле и копчение. Поскольку ПАУ признаны канцерогенными для человека, было проведено несколько исследований по изучению их присутствия в пищевых продуктах [1, 2]. Исходя из генотоксичности и канцерогенности 16 ПАУ выбраны в качестве приоритетных для исследования в пищевых продуктах. Четыре полициклических ароматических углеводорода (бензо(а)пирен (БаП), бенз(а)антрацен, бензо(б)флуорантен и хризен) являются индикатором, который можно использовать для определения наличия и токсичности ПАУ в пищевых продуктах. Среди этих ПАУ бензо(а)пирен отнесен к группе 1 (канцерогенные для человека), а три других – к группе 2 (возможно, канцерогенные для человека). Были установлены максимальные пределы 2 пг/кг и 12 пг/кг для бензо(а)пирена и суммы ПАУ4 соответственно в копченном мясе и рыбе. Традиционные методы приготовления на гриле и копчения приводят к загрязнению ПАУ обработанных пищевых продуктов, включая рыбу [3], а также жареное или копченое мясо [4]. При традиционном копчении продуктов продукт укладывают на сетчатый поднос или даже подвешивают на опору непосредственно над горящими дровами или древесным углем [5]. Кроме того, при традиционном копчении рыбной продукции можно использовать различные виды топлива (например, скорлупу и шелуху кокосового ореха), различные породы древесины и коптильное оборудование. Сообщалось, что эти виды топлива являются факторами, способствующими образованию ПАУ [3]. Повышенные уровни бензо(а)пирена также были зарегистрированы в образцах копченой рыбы, которые значительно превышают порог в 2 пг/кг. О присутствии ПАУ в жареном или копченном мясе и рыбных продуктах также сообщили несколько авторов [1, 2, 6]. Из-за высокой токсичности этих соединений (включая генотоксичность и канцерогенность) было проведено несколько исследований среди населения, потребляющего такие загрязненные ПАУ продукты питания, включая мясо и рыбные продукты [7].

На образование полициклических ароматических углеводородов в пищевых продуктах могут влиять несколько факторов. В Кодексе Алиментарии перечислены десять таких факторов: содержание жира в пище и то, что происходит с ней во время обработки; топливо (древесина и другой растительный материал и др.); способ курения (прямой или непрямой); процесс дымообразования в зависимости от температуры пиролиза и расхода воздуха в случае дымогенератора (трение, тление, термостатированные пластины); расстояние между пищей и источником тепла; положение продукта

относительно источника тепла; продолжительность курения; температура во время курения; конструкция коптильной камеры и используемое оборудование для дымовоздушной смеси (влияющее на плотность дыма в коптильной камере); чистота и обслуживание оборудования.

В нескольких исследованиях [8, 9] сообщалось, что изменение традиционных методов курения позволяет уменьшить образование ПАУ. Среди инноваций, связанных с коптильным оборудованием, можно назвать наличие вентилятора (для обеспечения однородности тепла или поддержания температуры в коптильной камере), тележек (для подвешивания продукта) или устройств для сбора жира и предотвращения его попадания в коптильную камеру [4]. Также зафиксировано использование техники непрямого курения и наличие фильтра [10].

В этом обзоре литературы представлены несколько методов, используемых для снижения содержания ПАУ в копченном или приготовленном на гриле мясе и рыбных продуктах для будущей модернизации традиционных методов.

## Результаты и обсуждение

*Стратегии снижения содержания ПАУ, применимые до и во время приготовления на гриле или копчения*

*Тип используемого топлива*

Некоторые авторы сообщали, что использование определенных пород древесины для образования дыма во время приготовления на гриле или копчения может привести к образованию большего количества ПАУ. Сообщалось также, что топливо, содержащее большое количество лигнина, при сжигании производит большее количество ПАУ. Более того, мягкая древесина содержит больше лигнина, чем твердая [4]. Древесина акации производит большее количество ПАУ, чем древесина мангового дерева. Также исследователи сообщили, что использование жома сахарного тростника для копчения рыбы позволяет снизить уровни ПАУ в копченой рыбе (скумбрии, сардине, тунце) по сравнению с древесиной акации. В аналогичных исследованиях, проведенных исследователями также протестированы несколько пород древесины (яблоня, ольха, ольха + можжевельник, ель, клен, орешник, слива, осина, черемуха, рябина, а также древесный уголь) для копчения свинины. Концентрации ПАУ в копченой свинине колебались от 6 до 35 мкг/кг для бензо(а)пирена и от 48 до 471 мкг/кг для суммы 15 ПАУ. Самая низкая концентрация бензо(а)пирена, зарегистрированная в копченой свинине, составила 6 мкг/кг, 9 мкг/кг и 9 мкг/кг для яблок, клена и ольхи соответственно [11].

О других исследованиях пород древесины, используемых в процессе промышленного копчения, сообщили исследователи [12] тестировали бук, дуб, ель, тополь, ольху, гикори, а также смешанную дре-

весину с добавлением пряностей. Эти авторы обнаружили, что древесину тополя можно использовать для ограничения образования ПАУ.

*Улучшение процесса приготовления мяса или рыбы на гриле или копчения и влияние на снижение содержания ПАУ*

Были проведены эксперименты с использованием оболочки в качестве барьера против отложения ПАУ и для предотвращения пиролиза расплавленного жира. Использование свиной или коллагеновой оболочки привело к значительному снижению образования ПАУ [13].

Также было предложено, что для снижения содержания ПАУ необходимо дать древесному углю полностью нагреться перед началом приготовления на гриле. Таким же образом предположили, что при приготовлении на углях мясо следует класть на противень через 12 минут после возникновения пламени. Благодаря использованию этой стратегии, направленной на предотвращение стекания мясного сока в угли, показали снижение суммы ПАУ4 на 89% (с 21,8 до 2,4 пг/кг) в мясе, приготовленном на гриле [14].

Было показано, что использование угольных фильтров (активированных или нет) в модифицированных традиционных печах позволяет снизить количество ПАУ (по сравнению с контролем без фильтров) в копченой рыбе [4]. Все образцы рыбы, копченной с использованием этих угольных фильтров, соответствовали нормам относительно концентрации БаП. Также разработали фильтры, состоящие из цеолита, которые при предварительной обработке перед использованием позволяют уменьшить отложение ПАУ на копченой пище. Таким же образом также сообщили об очень низкой концентрации ПАУ в копченом карпе, когда при копчении использовались цеолит и другие фильтры (гравий или гранулированный активированный уголь) [15].

Еще один способ уменьшить отложение ПАУ на жареном мясе — создать барьер между продуктами и дымом. Когда мясо завернуто в алюминиевую фольгу или банановые листья, уровень БаП в мясе, приготовленном на гриле, был очень низким и ниже максимального предела в 2 пг/кг. Аналогичным образом, также наблюдали такие же низкие уровни БаП, когда говядина и баранина были завернуты в алюминиевую фольгу перед приготовлением на углях, по сравнению с контролем без упаковки [16].

В исследовании [16], БаП не обнаруживался (ниже 0,03 пг/кг) в приготовленной на гриле говядине или курице, когда маринованное мясо было предварительно нагрето в микроволновой печи (180 °С; 40–60 секунд) или предварительно нагрето на пару (100 °С, 2–4 минуты) перед приготовлением на гриле.

Кроме того, также сообщили, что использование инфракрасного, электрического гриля или скороворуды-гриля для жарки свиной грудки приводит к неопределяемым уровням БаП (<0,05 пг/кг).

Другим способом снижения содержания ПАУ

является использование копильной жидкости для ароматизации рыбы или холодное копчение, требующее низкой температуры (18–25 °С). Использование жидкого ароматизатора дыма в качестве альтернативы традиционному копчению дымовых газов для копчения филе форели позволило снизить загрязнение конечного продукта ПАУ. Для применения этого метода рыбу сначала замачивали в рассоле (210 г соли на литр), затем коптили холодным способом, погружая ее на 10–120 секунд в водный раствор, содержащий от 10 до 12,5% копильной жидкости. Таким же образом в статье [12] показали очень низкие концентрации БаП (0,3 пг/кг) и суммы ПАУ4 (2,5 пг/кг) в сырокопченой ферментированной колбасе после холодного копчения. Были исследованы различные методы производства дыма при производстве копченых ферментированных колбас, такие как тлеющий дым, паровой дым, дым от трения и дым от прикосновения. Все образцы мяса соответствовали максимальным нормам по БаП (2 пг/кг) и ПАУ4 (12 пг/кг).

*Использование маринада для снижения содержания ПАУ*

Недавно в нескольких исследованиях было подчеркнуто использование некоторых фруктовых соков, специй, трав и чая для ограничения образования ПАУ в копченом или приготовленном на гриле мясе путем замачивания мяса перед обработкой [17]. Также сообщали о снижении содержания БаП (70%) при вымачивании образцов говядины в различных кислых маринадах (лимонном соке) с уровнями БаП ниже максимального предела (2 пг/кг). Добавление масла и/или щелочи в маринад (вода, сахар, устричный соус, соль, чесночный порошок, порошок черного перца), нанесенный на курицу перед приготовлением на гриле, привело к увеличению сумм ПАУ4 и ПАУ16 по сравнению с контролем без маринада.

Проведены эксперименты с использованием трех разных сортов пива для маринования свинины перед приготовлением на гриле. Помимо пива, маринад с зеленым, белым или желтым чаем также приводил к неопределяемым уровням БаП и ПАУ8 в куриных крылышках, приготовленных на углях (Wang et al., 2018). Другие чаи, такие как чай мате или зеленый чай, используемые в разных пропорциях (0,25%, 0,5% и 1%) для маринования свиной грудки перед приготовлением на гриле, позволили снизить уровень БаП (от 12,9% до 24,5% для зеленого чая в свиной грудке, приготовленной на углях [18].

Исследователи показали, что использование маринада, состоящего из приправы из выжимок красного вина, перед приготовлением говядины на гриле приводит к значительному ( $p < 0,05$ ) увеличению содержания ПАУ по сравнению с контролем [19].

Другие исследователи использовали молочнокислые бактерии (МКБ), такие как, для снижения содержания ПАУ в колбасе, применяя их до и после

копчения с помощью стерилизованной картофельный сок в качестве субстрата. По данным авторов, зафиксировано достоверное снижение содержания ПАУ (БаП и суммы ПАУ<sub>4</sub>) в копченых колбасах, обработанных МКБ, до и после копчения [20].

*Методы, применяемые после приготовления на гриле или копчения для удаления ПАУ из обработанного мяса или рыбных продуктов.*

*Упаковочная система и ультрафиолетовое (УФ) применение.*

При копчении шпроты хранили в пластиковых пакетах разных типов (ПЭТ, ПЭВП, ПЭНП, ПП), уровни ПАУ значительно снизились, и все упакованные образцы (хранившиеся при комнатной температуре ( $22 \pm 2$  °С) и при температуре охлаждения (от +4 °С до +6 °С)) соответствовали нормам. Сообщалось также о снижении уровня БаП (ниже 2 пг/кг) при использовании пленки ПЭВД для упаковки жареной утки и копченой колбасы. Упаковка жареного мяса утки в упаковку из ПЭНП при температуре 25 °С позволила снизить уровень БаП на 73% после 24 часов хранения. Более того, те же авторы сообщили, что применение УФ (2-3 часа) к пленке ПЭВД также способствует снижению содержания ПАУ (13,5%-29,2%), а среди ПАУ, на которые воздействовал этот метод, БаП оказался наиболее чувствительным к УФ. Однако имеется ограниченная соответствующая информация о влиянии использования УФ-излучения на безопасность пищевых продуктов в пищевой промышленности [21].

*Мойка копченостей*

Другой метод удаления ПАУ из копченой рыбы – промывание копченой рыбы горячей дистиллированной водой (60 °С, 2–3 минуты). Однако эти авторы не обсуждали органолептические характеристики мытой копченой рыбы, так как можно ожидать, что промывка копченого продукта ухудшит его вкус и аромат. Кроме того, срок хранения мытой копченой рыбы невелик, и дальнейшие исследования должны быть направлены на хранение и консервацию мытой копченой рыбы [22].

*Перспективы будущего реинжиниринга процессов*

Среди методов снижения содержания ПАУ в копченых продуктах или продуктах, приготовленных на гриле, некоторые методы можно использовать по отдельности или в сочетании для снижения

уровня ПАУ в пищевых продуктах. После основных операций по очистке сырое мясо, рыбу можно предварительно разогреть либо в микроволновой печи, либо приготовить на пару, чтобы сократить время воздействия дыма во время приготовления на гриле или копчения. Важным шагом является качество топлива (древесного угля или древесины), которое будет использоваться для производства дыма. Рекомендуется использовать сухую древесину с низким содержанием лигнина. Копчение может осуществляться прямым или непрямым способом. При прямом методе дым образуется в той же камере, в которой обрабатываются пищевые продукты, в отличие от непрямого процесса, при котором дым образуется в камере, отдельной от места копчения пищевых продуктов. В обоих методах оборудование для курения должно иметь фильтр, состоящий из древесного или активированного угля, или цеолита. Кроме того, оборудование для копчения должно иметь систему сбора жира, позволяющую избежать попадания жира в угли во время копчения или приготовления на гриле. Кроме того, перед укладкой сырья на сетчатый лоток коптильное оборудование следует сначала прогреть в течение примерно 12 минут с момента появления пламени. Копченый продукт в конечном итоге можно промыть горячей водой (для немедленного употребления) или сразу упаковать в тару из ПВД или ПНД. Несмотря на то, что некоторые стратегии, упомянутые выше, не могут быть применены для производства большого количества продуктов питания или могут повлиять на сенсорные характеристики, их можно изучить для будущей реорганизации традиционного процесса приготовления на гриле или копчения.

## Выводы

В статье представлена информация о снижении или удалении ПАУ из жареного или копченого мяса и рыбных продуктов. Маринование, предварительный нагрев, использование фильтра и системы сбора жира, упаковка продукта – основные методы, которые можно применять перед копчением или приготовлением на гриле, для снижения содержания ПАУ. Применение этих методов в некоторых случаях предполагает дополнительные производственные затраты.

## Литература

- [1] Rozentale, I., Zacs, D., Bartkiene, E., Bartkevics, V., 2018. Polycyclic aromatic hydrocarbons in traditionally smoked meat products from the Baltic States. Food Addit. Contam. B 11, 138-145. V
- [2] Ingenbleek L. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in foods from the first regional total diet study in Sub-Saharan Africa: Contamination profile and occurrence data // Food Control. – 2019. – Т. 103. – С. 133-144.

## References

- [1] Rozentale, I., Zacs, D., Bartkiene, E., Bartkevics, V., 2018. Polycyclic aromatic hydrocarbons in traditionally smoked meat products from the Baltic States. Food Add. Contam. B 11, 138-145. V
- [2] Ingenbleek L. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in foods from the first regional total diet study in Sub-Saharan Africa: Contamination profile and occurrence data // Food Control. – 2019. – Т. 103. – P. 133-144.

- [3] Kpoclou E. Y. et al. Effect of fuel and kiln type on the polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) levels in smoked shrimp, a Beninese food condiment // *Food Additives & Contaminants: Part A.* – 2014. – T. 31. – №. 7. – С. 1212-1218.
- [4] Essumang D. K., Dodoo D. K., Adjei J. K. Effective reduction of PAH contamination in smoke cured fish products using charcoal filters in a modified traditional kiln // *Food Control.* – 2014. – T. 35. – №. 1. – С. 85-93.
- [5] Assogba M. F. et al. Processing methods, preservation practices and quality attributes of smoked and smoked-dried fishes consumed in Benin // *Cogent Food & Agriculture.* – 2019. – T. 5. – №. 1. – С. 1641255.
- [6] Mastanjević K. M. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in traditionally smoked Slavonska kobasica // *Food Additives & Contaminants: Part B.* – 2020. – T. 13. – №. 2. – С. 82-87.
- [7] Iko Afé O. H. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons contamination of traditionally grilled pork marketed in South Benin and health risk assessment for the Beninese consumer // *Food Additives & Contaminants: Part A.* – 2020. – T. 37. – №. 5. – С. 742-752.
- [8] Škaljac S. et al. Influence of smoking in traditional and industrial conditions on polycyclic aromatic hydrocarbons content in dry fermented sausages (Petrovska klobasa) from Serbia // *Food Control.* – 2014. – T. 40. – С. 12-18.
- [9] Škaljac S. et al. Influence of smoking in traditional and industrial conditions on colour and content of polycyclic aromatic hydrocarbons in dry fermented sausage “Petrovska klobasa” // *Lwt.* – 2018. – T. 87. – С. 158-162.
- [10] Bomfeh K. et al. Reducing polycyclic aromatic hydrocarbon contamination in smoked fish in the Global South: a case study of an improved kiln in Ghana // *Journal of the Science of Food and Agriculture.* – 2019. – T. 99. – №. 12. – С. 5417-5423.
- [11] Stumpe-Viksna I. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in meat smoked with different types of wood // *Food Chemistry.* – 2008. – T. 110. – №. 3. – С. 794-797.
- [12] Hitzel A. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and phenolic substances in meat products smoked with different types of wood and smoking spices // *Food chemistry.* – 2013. – T. 139. – №. 1-4. – С. 955-962.
- [13] Gomes, A., Santos, C., Almeida, J., Elias, M., Roseiro, L.C., 2013. Effect of fat content, casing type and smoking procedures on PAHs contents of Portuguese traditional dry fermented sausages. *Food Chem. Toxicol.* 58, 369-374.
- [14] Lee J. G. et al. Effects of grilling procedures on levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in grilled meats // *Food Chemistry.* – 2016. – T. 199. – С. 632-638.
- [15] Babić J. M. et al. Reduction of polycyclic aromatic hydrocarbons in common carp meat smoked in traditional conditions // *Food Additives & Contaminants: Part B.* – 2018. – T. 11. – №. 3. – С. 208-213.
- [3] Kpoclou E. Y. et al. Effect of fuel and kiln type on the polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) levels in smoked shrimp, a Beninese food condiment // *Food Additives & Contaminants: Part A.* – 2014. – Vol. 31. – No. 7. – pp. 1212-1218.
- [4] Essumang D. K., Dodoo D. K., Adjei J. K. Effective reduction of PAH contamination in smoke cured fish products using charcoal filters in a modified traditional kiln // *Food Control.* – 2014. – T. 35. – No. 1. – pp. 85-93.
- [5] Assogba M. F. et al. Processing methods, preservation practices and quality attributes of smoked and smoked-dried fishes consumed in Benin // *Cogent Food & Agriculture.* – 2019. – T. 5. – No. 1. – P. 1641255.
- [6] Mastanjević K. M. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in traditionally smoked Slavonska kobasica // *Food Additives & Contaminants: Part B.* – 2020. – Vol. 13. – No. 2. – pp. 82-87.
- [7] Iko Afé O. H. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons contamination of traditionally grilled pork marketed in South Benin and health risk assessment for the Beninese consumer // *Food Additives & Contaminants: Part A.* – 2020. – Vol. 37. – No. 5. – pp. 742-752.
- [8] Skaljic S. et al. Influence of smoking in traditional and industrial conditions on polycyclic aromatic hydrocarbons content in dry fermented sausages (Petrovska klobasa) from Serbia // *Food Control.* – 2014. – T. 40. – P. 12-18.
- [9] Skaljic S. et al. Influence of smoking in traditional and industrial conditions on color and content of polycyclic aromatic hydrocarbons in dry fermented sausage “Petrovska klobasa” // *Lwt.* – 2018. – T. 87. – P. 158-162.
- [10] Bomfeh K. et al. Reducing polycyclic aromatic hydrocarbon contamination in smoked fish in the Global South: a case study of an improved kiln in Ghana // *Journal of the Science of Food and Agriculture.* – 2019. – T. 99. – No. 12. – pp. 5417-5423.
- [11] Stumpe-Viksna I. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in meat smoked with different types of wood // *Food Chemistry.* – 2008. – T. 110. – No. 3. – pp. 794-797.
- [12] Hitzel A. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and phenolic substances in meat products smoked with different types of wood and smoking spices // *Food chemistry.* – 2013. – T. 139. – No. 1-4. – pp. 955-962.
- [13] Gomes, A., Santos, C., Almeida, J., Elias, M., Roseiro, L.C., 2013. Effect of fat content, casing type and smoking procedures on PAHs contents of Portuguese traditional dry fermented sausages. *Food Chem. Toxicol.* 58, 369-374.
- [14] Lee J. G. et al. Effects of grilling procedures on levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in grilled meats // *Food Chemistry.* – 2016. – T. 199. – P. 632-638.
- [15] Babić J. M. et al. Reduction of polycyclic aromatic hydrocarbons in common carp meat smoked in traditional conditions // *Food Additives & Contaminants: Part B.* – 2018. – Vol. 11. – No. 3. – pp. 208-213.

- [16] Farhadian A. et al. Effects of marinating on the formation of polycyclic aromatic hydrocarbons (benzo [a] pyrene, benzo [b] fluoranthene and fluoranthene) in grilled beef meat //Food Control. – 2012. – Т. 28. – №. 2. – С. 420-425.
- [17] Lu F., Kuhnle G. K., Cheng Q. The effect of common spices and meat type on the formation of heterocyclic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons in deep-fried meatballs //Food Control. – 2018. – Т. 92. – С. 399-411.
- [18] Park K. C. et al. Effects of cooking methods and tea marinades on the formation of benzo [a] pyrene in grilled pork belly (Samgyeopsal) //Meat Science. – 2017. – Т. 129. – С. 1-8.
- [19] García-Lomillo J. et al. Influence of red wine pomace seasoning and high-oxygen atmosphere storage on carcinogens formation in barbecued beef patties //Meat science. – 2017. – Т. 125. – С. 10-15.
- [20] Bartkiene E. et al. The impact of lactic acid bacteria with antimicrobial properties on biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons and biogenic amines in cold smoked pork sausages //Food Control. – 2017. – Т. 71. – С. 285-292.
- [21] Chen J., Chen S. Removal of polycyclic aromatic hydrocarbons by low density polyethylene from liquid model and roasted meat //Food chemistry. – 2005. – Т. 90. – №. 3. – С. 461-469.
- [22] Mahugija J. A. M., Njale E. Effects of washing on the polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) contents in smoked fish //Food Control. – 2018. – Т. 93. – С. 139-143.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Блинохватов Антон Александрович</b> кандидат сельскохозяйственных наук заведующий кафедрой «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>E-mail:</b> bl-anton58@rambler.ru</p>	<p><b>Blinokhvatov Anton Alexandrovich</b> PhD in Agricultural Sciences head of the department of «Food productions» Penza State Technological University <b>E-mail:</b> bl-anton58@rambler.ru</p>
<p><b>Пияйко Павел Игоревич</b> студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>E-mail:</b> p.a.v.e.l_p@mail.ru</p>	<p><b>Piyayko Pavel Igorevich</b> student of the department «Food productions» Penza State Technological University <b>E-mail:</b> p.a.v.e.l_p@mail.ru</p>

## Нетрадиционные растительные обогатители безалкогольных напитков брожения

*Буренкова С.А., Гарькина П.К.*

**Аннотация.** Приоритетной задачей производства безалкогольных напитков в России в настоящее время является производство социально значимых напитков, отвечающих современным требованиям по качеству, пищевой полноценности и безопасности. Напитки, в том числе функционального назначения, занимают в рационе питания современного человека немалую долю. Кроме того, технология их производства такова, что введение в них новых функциональных ингредиентов не представляет большой сложности, а отсутствие термической обработки позволяет сохранять в продукте все витамины и полезные вещества. Представлен обзор основных направлений исследований в области создания функциональных безалкогольных напитков.

**Ключевые слова:** функциональные свойства, безалкогольные напитки, квас, нетрадиционное сырье.

**Для цитирования:** Буренкова С.А., Гарькина П.К. Нетрадиционные растительные обогатители безалкогольных напитков брожения // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 2. С. 11–14.

## Non-traditional vegetable fortifiers of non-alcoholic beverages fermentation drinks

*Burenkova S.A., Garkina P.K.*

**Abstract.** The priority task of the production of soft drinks in Russia at present is the production of socially significant beverages that meet modern requirements for quality, nutritional value and safety. Drinks, including functional ones, occupy a considerable share in the diet of a modern person. In addition, the technology of their production is such that the introduction of new functional ingredients into them is not very difficult, and the absence of heat treatment allows you to keep all the vitamins and nutrients in the product. An overview of the main research directions in the field of creating functional soft drinks is presented.

**Keywords:** functional properties, soft drinks, kvass, non-traditional raw materials.

**For citation:** Burenkova S.A., Garkina P.K. Non-traditional vegetable fortifiers of non-alcoholic beverages fermentation drinks. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 2. pp. 11–14. (In Russ.).

### Введение

Наибольшее количество пищевых ингредиентов человек получает от использования жидких продуктов питания – напитков, особенно важно при их изготовлении использовать местные природные ресурсы. Разработка пищевых продуктов, обогащенных полезными веществами и функциональными пищевыми ингредиентами, является серьезным вмешательством в традиционно сложившуюся систему питания человека и должна быть обоснована.

Целью работы является анализ теоретических и экспериментальных исследований отечественных ученых в области производства безалкогольных напитков.

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлись научные данные отечественных источников информации. В качестве методов исследования были использованы методы анализа, синтеза, систематизации и обобщения.

### Результаты и их обсуждение

Для расширения области применения и функциональности компании-производители и исследователи прибегают к внесению в рецептуру напитков нетрадиционного сырья.

Учеными Школы экономики и менеджмента Дальневосточного Федерального университета предложено применение в качестве нетрадиционного сырья облепихового жмыха и таких трав, как мята, душица, имбирь. Готовый облепиховый квас имеет вкус кисло-сладкий, освежающий, резковатый. Аромат кваса без добавок приятный, хлебный, а у кваса с добавками в аромате присутствуют оттенки душицы, мяты, имбиря соответственно [1].

Другими учеными из Владивостока разработана рецептура с применением минеральной воды и сиропов из шиповника, брусники, лимонника китайского и калины Саржента для приготовления кваса [2]. В данном методе используется природная минеральная вода, которая относится к группе нейтральных, слабощелочных природных вод с гидрокарбонатом натрия-магния-кальция. Дегустация позволила определить органолептические свойства квасов:

– квас с клюквенным сиропом - однородная непрозрачная жидкость коричневого цвета с рубиновым оттенком, имеет насыщенный вкус кисло-сладкой ржи и легкое послевкусие ягод, с преобладанием приятного аромата ржаного хлеба;

– квас с сиропом калины - однородная непрозрачная жидкость насыщенного коричнево-красного цвета, с кисло-сладким, ржаным вкусом и запахом;

– квас с сиропом из лимонграсса - имеет тот же цвет, что и квас с клюквой, имеет насыщенный вкус кисло-сладкой ржи и легкое послевкусие ягод, с ароматом и вкусом лимонграсса, с ярко выраженным приятным ароматом ржаного хлеба;

– квас с сиропом шиповника представляет собой однородную непрозрачную жидкость насыщенного темно-коричневого цвета с горько-сладким ржаным вкусом, букет имел легкий вкус шиповника с ярко выраженным запахом ржаного хлеба.

Многие исследователи предлагают использование нетрадиционного сырья, растительного происхождения в производстве кваса для придания функциональной направленности и расширения ассортимента.

Например, существует запатентованный способ приготовления пряного кваса. Для получения нового вкуса и повышению функциональности используют настои трав - чабреца, тысячелистника, душицы. Их вносят непосредственно перед брожением [3].

Для производства напитка с антиоксидантными свойствами можно применять растительные экстракты шалфея, шиповника, мяты, душицы, чабреца, ромашки. Данные функциональные ингредиенты не только оказывают действие на человеческий организм, но и повышают крепость кваса. Это связано со снижением доступного кислорода и подавлением жизнедеятельности микроорганизмов [4].

Н.В. Бибицом был предложен квас с профилактическими свойствами. В готовый хлебный напиток

вводят сухой виноградный экстракт и дигидрокверцетин в концентрациях 50,0 г/дм<sup>3</sup> и 2,0 мг/дм<sup>3</sup>. Срок годности такого напитка 130 дней [5].

Исаенко Е.А. разработаны рецептура и технология приготовления кваса на основе полисолодового экстракта (ККС) и сиропа лимонграсса, с дополнительной карбонизацией кваса до необходимой концентрации CO<sub>2</sub>. Полученный напиток обладает адаптогенными и антистрессовыми свойствами, а также отличается высоким содержанием биологически активных веществ и высокими потребительскими качествами [6].

Авторы статьи «Хлебный квас на основе порошкообразного полисолодового экстракта» готовили 4 образца хлебного кваса по традиционной технологии с заменой части концентрата квасного суслу (ККС) на полисолодовый экстракт в количестве: 0%, 30% 70% и 100%.

На основе опыта обосновано использование полисолодового экстракта в технологии производства кваса, а также его функциональное значение. Лучшим по органолептическим и физико-химическим показателям оказался образец с содержанием 70% ККС и 30% полисолодового экстракта, также этот напиток обогащен растительными белками [7].

Учеными из Кемеровского государственного университета разработана технология сухих квасных смесей с использованием растительного сырья: настоя корней лопуха, сушеных плодов крапивы и боярышника. Кроме того, разработана рецептура сухой смеси кваса с добавлением продуктов на основе солодовых злаков: ржаного солода в количестве 50% и ячменного солода - 75% от общего содержания, что значительно ускоряет процесс брожения. и улучшает органолептические показатели [8].

В основу рецептуры были положены: сахар-песок - 63 %, зерновые продукты - 36,7 %, дрожжи - 0,3 % и растительные экстракты - 5 %, 8 % и 12 %. Наилучшие органолептические и физико-химические показатели отмечены у образца, содержащего 12 % растительной массы. Полученный напиток оказывает благотворное биологическое воздействие на организм человека, так как улучшает функции желудочно-кишечного тракта, способствует выведению токсинов из организма человека, а также богат витаминами, минералами и биологически активными веществами [9].

С целью повышения стабильности кваса предложена рецептура приготовления кваса с добавлением пастеризованного клюквенного сока. Данная рецептура имеет два существенных плюса. Повышается стабильность кваса на 30 суток и срок годности до 90 суток. Это связано с тем, что бензойная кислота, находящаяся в клюкве, предохраняет от быстрой порчи готовый продукт. Сок вводится в квас не до брожения, как это было во всех предыдущих примерах, а после. Пастеризация при 70°C сохраняется польза сока и добавляет вкус клюквы [10].

Сотников В.С. в своих исследованиях показал гибель брюшнотифозных и паратифозных микроорганизмов в квасе. Напитки на зерновой основе содержат более 10 аминокислот, из них 8 незаменимых, ценность кваса становится еще значительнее. Это дает возможность не использовать активатор роста, использовать любые виды сокового сырья, а также получать напитки с повышенной биологической ценностью за счет увеличения содержания молочной и янтарной кислот, витаминов группы В и устранения дрожжевого привкуса. и аромат [11].

## Литература

- [1] Коростылева, Л. А. Живой квас с использованием нетрадиционного сырья / Л. А. Коростылева, Т.В. Парфенова, Л.А. Текутьева // Пиво и напитки. – 2013. – № 1. – С. 20–22.
- [2] Палагина М.В. Новые квасы с использованием природной минеральной воды / М.В. Палагина, Е.А. Исаенко, А.А.Набокова// Пиво и напитки, 2012. № 4. – С. 34–36.
- [3] Пат. 2478698 Российская Федерация, МПК А23L2 С12G3/02. Способ производства травного кваса «травушка» /Чугунова О.В., Соловьева М.П. – заяв. 08.09.2011; опубл. 10.04.2013. – URL: <http://www.freepatent.ru>.
- [4] Тананайко, Т.М. Разработка способа повышения стойкости кваса брожения / Т.М. Тананайко, В.В. Романченко, Г.Г. Садовнича // Пиво и напитки. – 2012. – № 5. – С. 30–33.
- [5] Бибик, И.В. Научное обоснование количества внесения дигидрокверцетина при разработке технологии кваса «Виноградный» / И.В. Бибик, Е.В. Лоскутова // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – № 1(32). – С. 5–10.
- [6] Палагина М.В. Новые квасы с использованием сиропов дикорастущих растений / М.В. Палагина, Е.А. Исаенко, А.А. Набокова//Вестник ТГЭУ. – 2011. - №4. – С. 65-68.
- [7] Коротких Е.А. Хлебный квас на основе порошкообразного полисолодового экстракта / Е.А. Коротких, С.В. Востриков, И.В. Новикова// Инновационные продукты «Пиво и напитки», 2011. – №4. – С. 26-27.
- [8] Помозова В.А. Сравнительная оценка качества сухих хлебопекарных дрожжей для производства кваса: учебное пособие / В.А. Помозова, Т.Ф. Киселева, А.А. Зарубина, Д.А. Зарубин //Пиво и напитки. – 2008. – №2. – 58-61.
- [9] Омашева А.Ч. Исследование влияния растительных добавок на качество лечебного кваса / А.Ч. Омашева // Успехи современного естествознания. – 2015. - №1. – С.822-826.
- [10] Пат. 2442443 Российская Федерация, МПК А23L2/02. Способ производства кваса «первый зимний» с брусничным соком / Левандовский В.С.

## Выводы

Рассмотрены основные аспекты применения нетрадиционного сырья в производстве безалкогольных напитков. Представленные материалы свидетельствуют о возможности применения нетрадиционного сырья в технологиях кваса с целью их обогащения функциональными ингредиентами.

## References

- [1] Korostyleva, L. A. Live kvass using unconventional raw materials / L. A. Korostyleva, T.V. Parfenova, L.A. Tekutyeva // Beer and beverages. - 2013. – No. 1. – p. 20-22.
- [2] Palagina M.V. New kvass using natural mineral water / M.V. Palagina, E.A. Isaenko, A.A.Nabokova// Beer and Drinks, 2012. No. 4. – p. 34-36.
- [3] Pat. 2478698 Russian Federation, IPC A23L2 C12G3/02. Method of production of herbal kvass «tra-vushka» / Chugunova O.V., Solovyova M.P. – application. 08.09.2011; publ. 10.04.2013. – URL: <http://www.freepatent.ru> .
- [4] Tananaiko, T.M. Development of a method for increasing the resistance of fermentation kvass / T.M. Tananaiko, V.V. Roman-chenko, G.G. Sadovnichaya // Beer and beverages. - 2012. – No. 5. – p. 30-33.
- [5] Bibik, I.V. Scientific substantiation of the amount of application of dihydroquercetin in the development of the technology of kva-sa «Vinogradny» / I.V. Bibik, E.V. Loskutova // Equipment and technology of food production. – 2014. – № 1(32). – p. 5-10.
- [6] Palagina M.V. New kvass with the use of syrups of wild plants / M.V. Palagina, E.A. Isa-en, A.A. Nabokova// Bulletin of the TSEU. - 2011. - No. 4. – p. 65-68.
- [7] Korotkov E.A. Bread kvass based on powdered polysolt extract / E.A. Korotkov, S.V. Vostrikov, I.V. Novikova//Innovative products «Beer and Beverages», 2011. – No. 4. – p. 26-27.
- [8] Pomozova V.A. Comparative assessment of the quality of dry baking yeast for the production of kvass: textbook / V.A. Pomozova, T.F. Kiseleva, A.A. Zarubina, D.A. Zarubin //Beer and drinks. – 2008. – №2. – p. 58-61.
- [9] Omasheva A.Ch. Investigation of the effect of herbal additives on the quality of medicinal kvass / A.Ch. Omasheva // Successes of modern natural science. - 2015. - No. 1. – p.822-826.
- [10] Pat. 2442443 Russian Federation, IPC A23L2/02. Method of production of kvass «first winter» with timber juice / Levandovsky V.S. - application. 26.11.2010; publ. 20.02.2012. – URL: <http://www.freepatent.ru> .

– заяв. 26.11.2010; опубл. 20.02.2012. – URL: <http://www.freepatent.ru>.

- [11] Сотников, В.А. Антисептирующий препарат «Бетасепт» в производстве кваса / В.А.Сотников, Р.Р. Гадиев //Пиво и напитки. – 2013. – № 4. – С. 52–55.

[11] Sotnikov, V.A. Antiseptic drug «Betasept» in the production of kvass / V.A.Sotnikov, R.R. Gadiev //Beer and drinks. - 2013. – No. 4. – p. 52-55.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Буренкова Снежана Алексеевна</b> студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(904) 267-13-28 <b>E-mail:</b> nix.lerros@gmail.com</p>	<p><b>Burenkova Snezhana Alekseevna</b> student of the department «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(904) 267-13-28 <b>E-mail:</b> nix.lerros@gmail.com</p>
<p><b>Гарькина Полина Константиновна</b> кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(927) 094-79-49 <b>E-mail:</b> worolina89@mail.ru</p>	<p><b>Garkina Polina Konstantinovna</b> PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(927) 094-79-49 <b>E-mail:</b> worolina89@mail.ru</p>

## Цветовая характеристика мяса птицы, упакованной в модифицированной газовой среде

*Курицына Ю.С., Фролов Д.И.*

**Аннотация.** В статье исследовали цвет мышц бедра индейки, упакованных в модифицированной атмосфере (МА) и хранившихся в условиях охлаждения. Была определена общая концентрация гемовых пигментов (КГП), относительные концентрации дезокси- (Mb), окси- (MbO<sub>2</sub>) и метмиоглобина (MMb), параметров цвета L\*, a\*, b\* и сенсорная оценка цвета. Время хранения ограничивалось общим количеством бактерий. Установлено, что мышцы индейки, упакованные под МА, могут храниться 15 суток, а на воздухе - только 4 суток. Концентрация КГП и трех форм миоглобина находились на одном уровне до 4 суток для образцов, хранившихся под МА и на воздухе. После этого периода они существенно изменялись. Относительные концентрации Mb, MbO<sub>2</sub>, MMb в пробах, хранившихся при МА, и на воздухе находились на одном уровне в течение всего времени хранения. Сенсорная оценка цвета поверхности образцов, упакованных под МА, существенно изменилась на 8-е сутки хранения, а у контрольных образцов - на 4-е сутки. Среди показателей цвета только значения L\* не изменились за 15 суток хранения в образцах, расфасованных под МА, и в контрольных образцах. Значения a\* значительно снизились на 8-е сутки для образцов, хранившихся при МА, однако в контрольных образцах они не изменились вплоть до 4-х суток. Параметр b\* значительно увеличивался на 4-е сутки как для образцов, хранившихся под МА, так и на воздухе.

**Ключевые слова:** цвет, гемпигменты, индейка, модифицированная атмосфера, микрофлора.

**Для цитирования:** Курицына Ю.С., Фролов Д.И. Цветовая характеристика мяса птицы, упакованной в модифицированной газовой среде // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 2. С. 15–18.

## Color characteristics of poultry meat packaged in a modified atmosphere

*Kuritsyna Yu.S., Frolov D.I.*

**Abstract.** The article examined the color of turkey thigh muscles packaged in modified atmosphere (MA) and stored under refrigerated conditions. The total concentration of heme pigments (CHP), the relative concentrations of deoxy- (Mb), oxy- (MbO<sub>2</sub>) and metmyoglobin (MMb), color parameters L\*, a\*, b\* and sensory color assessment were determined. Storage time was limited by the total number of bacteria. It has been established that turkey muscles packaged under MA can be stored for 15 days, but in air - only 4 days. The concentrations of CGP and three forms of myoglobin remained at the same level for up to 4 days for samples stored under MA and in air. After this period they changed significantly. The relative concentrations of Mb, MbO<sub>2</sub>, MMb in samples stored under MA and in air were at the same level throughout the entire storage period. The sensory assessment of the surface color of samples packaged under MA changed significantly on the 8th day of storage, and for control samples - on the 4th day. Among color indicators, only L\* values did not change over 15 days of storage in samples packaged under MA and in control samples. The a\* values decreased significantly on the 8th day for samples stored under MA, but in the control samples they did not change until the 4th day. The b\* parameter increased significantly on the 4th day for both samples stored under MA and in air.

**Keywords:** color, pigments, turkey, modified atmosphere, microflora.

**For citation:** Kuritsyna Yu.S., Frolov D.I. Color characteristics of poultry meat packaged in a modified atmosphere. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 2. pp. 15–18. (In Russ.).

## Введение

Качество мяса определяется рядом факторов. Один из них – цвет. Это очень важный фактор, который часто определяет, купит ли потребитель продукт или нет. Цвет мяса зависит, в том числе, от таких факторов, как: концентрация и химическое состояние пигментов, физическая структура мяса. Основным пигментом, отвечающим за характерный цвет свежего мяса, является миоглобин. К трем формам миоглобина относятся: ярко-красный оксимиоглобин (Mb), пурпурно-красный дезокси-миоглобин (MbO<sub>2</sub>) и коричневый метмиоглобин (MMb), зависящие от парциального давления кислорода в атмосфере [1]. Первые две формы легко подвергаются смене одной в другую.

Для продления срока годности свежее охлажденное мясо и обеспечения его привлекательно внешнего вида можно использовать упаковку и хранение в модифицированной газовой среде (атмосфере с измененным соотношением углекислого газа, кислорода и азота, а также с использованием упаковочных материалов с достаточно высоким барьером для вышеперечисленных условий). упомянутые газы) [2].

Цель работы - охарактеризовать цвет мышц бедра индейки, упакованных в модифицированной атмосфере, состоящей из 75% CO<sub>2</sub>, 20% N<sub>2</sub>, 5% O<sub>2</sub>, и хранившихся в условиях охлаждения [3].

Цель должна была быть достигнута путем определения общей концентрации гемопигментов, относительной концентрации Mb, MbO<sub>2</sub> и MMb, параметров цвета L\*, a\*, b\* и сенсорной оценки цвета. Микробиологические исследования включали определение общего количества бактерий, Pseudomonas и Lactobacillus. Время хранения ограничивалось общим количеством бактерий.

## Объекты и методы исследований

В качестве экспериментального материала использовали участки мышц бедра (без кожи и костей), вырезаемые через 24 ч после убоя от индеек. Эксперименты повторялись трижды. Каждый раз исследовались 30 мышц. Части бедра были упакованы в высокобарьерные пакеты (PA/ARE/PE - толщина: 60 мкм, паропроницаемость (см<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>/24 ч/бар): кислород - 47, углекислый газ - 165 и азот - 28) и хранились в модифицированной атмосфере (МА) следующего состава: 75% CO<sub>2</sub>, 20% N<sub>2</sub>, 5% O<sub>2</sub>. Пробы хранили в холодильнике при температуре +1°C и исследовали через 24 ч после убоя, а затем на 4, 8, 12 и 15 сутки хранения. Контрольные образцы упаковывали в полиэтиленовые пакеты и хранили на воздухе при той же температуре.

Относительные концентрации Mb, MbO<sub>2</sub> и MMb рассчитывались по уравнениям. Для измерения оптической плотности экстракта пигмента использовали спектрофотометр. Цвет мышц бедра индейки измеряли спектрофотометрическим методом в системе CIE L\*, a\*, b\*.

Сенсорную оценку цвета проводила комиссия по шестибалльной шкале: 1 балл – самая низкая, 6 баллов – высшая оценка (табл. 1).

Микробиологические исследования включали определение общего количества бактерий и лактобактерий в 1 г исследуемой пробы и наличие синей палочки. Время хранения ограничивалось общим количеством бактерий. Полученные данные были обработаны статистически. Для установления различий между средними значениями использовался t-критерий Стьюдента.

## Результаты и их обсуждение

При хранении в холодильнике наблюдалось увеличение общего количества бактерий и лакто-

Таблица 1 - Критерии шестибалльной шкалы органолептической оценки цвета бедрышек индейки

	Точки	Цвет
Желательный	6	Интенсивный розово-красный, равномерный, типичный
	5	Даже розово-красный
Терпимо	4	Розово-красный
	3	Местами заметно изменились на более светлые или темные розово-красные.
Нежелательно	2	Сильно измененные: светлые, кремовые или очень темные, коричневые.
	1	Полностью измененный, серый, коричневый, синий

Таблица 2 - Развитие бактерий в мышцах бедра индейки, хранившихся при охлаждении

Хранение	Контроль	Воздух	МА			
		24 часа	4 дня	8 дней	12 дней	15 дней
Общее количество бактерий (КОЕ/г)	3,5x10 <sup>5</sup>	2,3x10 <sup>3</sup>	3,7x10 <sup>3</sup>	3,9x10 <sup>4</sup>	6,9x10 <sup>4</sup>	1,4x10 <sup>5</sup>
Лактобактерии (КОЕ/г)	1,1x10 <sup>3</sup>	2,2x10 <sup>2</sup>	5,7x10 <sup>2</sup>	2,6x10 <sup>3</sup>	6,0x10 <sup>4</sup>	1,5x10 <sup>5</sup>
Псевдомонада	-	-	-	-	-	-

Данные представляют собой среднее значение по 18 тестам; Контроль - контрольный образец (4-е сутки хранения на воздухе); - отсутствующий

Таблица 3 - Концентрация гемопигмента в мышцах бедра индейки, упакованных в модифицированной атмосфере (МА) и на воздухе

Срок хранения	КГП		Mb			MbO <sub>2</sub>			MMb		
	Ср	СО	К	Ср	СО	К	Ср	СО	К	Ср	СО
КО воздух	2,27	0,25	0,33	0,75	0,02	0,45	1,02	0,03	0,22	0,5	0,03
24 часа МА	2,46	0,71	0,33	0,81	0,03	0,46	1,13	0,04	0,21	0,52	0,03
4 дня	2,36	0,37	0,32	0,76	0,02	0,48	1,13	0,06	0,2	0,47	0,04
8 дней	1,9	0,28	0,32	0,61	0,03	0,5	0,95	0,13	0,18	0,34	0,1
12 дней	1,71	0,08	0,3	0,51	0,02	0,49	0,84	0,07	0,21	0,36	0,06
15 дней	1,46	0,11	0,3	0,44	0,02	0,5	0,73	0,08	0,2	0,29	0,07

КО - контрольный образец (4-е сутки хранения на воздухе); Ср - средние значения 18 тестов (мг/1г ткани); СО - стандартное отклонение; К - относительная концентрация.

Таблица 4 - Оценка цвета мышц бедра индейки

Хранение	Контроль		Воздух		МА							
			24 часа		4 дня		8 дней		12 дней		15 дней	
	Ср	СО	Ср	СО	Ср	СО	Ср	СО	Ср	СО	Ср	СО
L*	45,61	1,71	45,25	1,45	44,63	1,88	44,73	1,59	45,23	1,33	45,48	1,82
a*	16,67	0,65	16,99	0,88	16,32	0,6	14,96	1,01	14,32	0,49	13,98	0,76
b*	4,39	0,98	3,29	0,71	4,96	0,89	5,38	0,78	5,69	0,32	5,37	1,1
SE (пункты)	4,39	0,15	5,47	0,19	5,26	0,09	4,7	0,33	4,53	0,27	4,13	0,31

Ср - средние значения по 18 тестам; SE - сенсорная оценка цвета; Контроль - контрольный образец (4-е сутки хранения на воздухе); СО - стандартное отклонение

бактерий (табл. 2). Обследованные мышцы характеризовались общим количеством бактерий на уровне  $2,3 \times 10^3$  КОЕ/г и лактобактерий - на уровне  $2,2 \times 10^2$  КОЕ/г через 24 ч после убоя. На 15-е сутки хранения под МА общее количество бактерий составило  $1,4 \times 10^5$  КОЕ/г, лактобактерий -  $1,5 \times 10^5$  КОЕ/г. В случае контрольных образцов общее количество бактерий было близко к допустимому значению -  $3,5 \times 10^5$  КОЕ/г, а лактобацилл достигало  $1,1 \times 10^3$  КОЕ/г уже на 4-е сутки хранения на воздухе.

На основании микробиологических исследований установлено, что мышцы индейки, упакованные под МА, могут храниться 15 суток, а упакованные на воздухе - всего 4 суток. По истечении этого времени общее количество бактерий превышало  $5 \times 10^5$  КОЕ/г, но сенсорных симптомов порчи мяса, хранившегося в модифицированной атмосфере и на воздухе, не наблюдалось. *Pseudomonas*, ответственные за порчу охлажденного мяса, за все время хранения не выявлены (табл. 2).

Концентрация трех форм миоглобина сохранялась на одном уровне до 4 суток для мяса, хранившегося в условиях МА и на воздухе (табл. 3). После этого периода они существенно изменились. Концентрация гемовых пигментов через 24 ч находилась на уровне 2,46 мг/г, однако через 15 суток хранения снизилась до 1,46 мг/г. Для форм миоглобина изменения составили соответственно: Mb - с 0,81 до 0,44; MbO<sub>2</sub> - от 1,13 до 0,73; MMb - от 0,52 до 0,29 мг/г. Относительная концентрация образцов Mb, MbO<sub>2</sub>, MMb, хранившихся под МА и на воздухе, находилась на одном уровне в течение всего времени хранения. Относительная концентрация Mb

составляла 30-33%, MbO<sub>2</sub> - 46-50%, MMb - 18-21% в мясе, хранившемся в модифицированной атмосфере, и соответственно 33%, 45% и 22% в контрольных образцах, хранившихся в модифицированной атмосфере.

Факт снижения концентрации гемовых пигментов (при неизменной относительной концентрации форм миоглобина), вероятно, свидетельствует о том, что Mb, MbO<sub>2</sub> и MMb в равной степени утилизировались микроорганизмами в качестве источника железа и/или бактериальные ферменты или метаболиты вступали в реакцию с этими формами миоглобина, создавая соединения, которые невозможно оценить обычными методами, используемыми для определения гемовых пигментов.

Цвет мышц бедра индейки определялся сенсорной панелью как интенсивный розово-красный (табл. 1). Органолептическая оценка цвета поверхности образцов, упакованных под МА, существенно изменилась на 8-е сутки хранения, а для контрольных образцов - на 4-е сутки, хотя по окончании хранения они были признаны желательными. Среди показателей цвета только значения L\* не изменились за 15 суток хранения как в образцах, расфасованных под МА, так и в контрольных. Значения a\* достоверно снизились на 8-е сутки для образцов, хранившихся при МА, а для контрольных образцов не изменились до 4-х суток. Параметр b\* значительно увеличивался на 4-е сутки для образцов, хранившихся под МА и на воздухе (табл. 4). Сенсорная оценка цвета поверхности мышц отражалась при инструментальных измерениях. Значительное увеличение параметра b\* - с 4-х суток

хранения под МА, а также снижение параметра  $a^*$  на 8-е сутки вызвало достоверное снижение показателей сенсорной оценки цвета исследуемых мышц с 5,47 до 4,70 на 8-й день хранения. Цвет контрольных образцов получил те же органолептические оценки (без существенных различий), что и образцы, хранившиеся в МА в течение 12 дней (Таблица 4).

Можно предположить, что на полученные данные (содержание гемопигментов, Mb, MbO<sub>2</sub>, MMb, параметры цвета и органолептическая оценка) большое влияние оказали измененный состав атмосферы, высокобарьерная пленка, используемая

для упаковки, а также температура хранения исследуемые образцы.

### Выводы

Использование высокобарьерных пакетов PA/ARE/PE и упаковки под МА, состоящей из 75% CO<sub>2</sub>, 20% N<sub>2</sub>, 5% O<sub>2</sub>, позволяет продлить срок хранения мышц бедра индейки до 15 дней, что примерно в 3-4 раза дольше, по сравнению с мышцами, хранящимися в воздухе, и способствует сохранению желаемого цвета хранящегося мяса.

### Литература

- [1] Parra V. et al. Modified atmosphere packaging and vacuum packaging for long period chilled storage of dry-cured Iberian ham // Meat Science. 2010. Т. 84. №. 4. С. 760-768.
- [2] Orkusz A. et al. Influence of packaging materials on microbiological quality and odour of turkey thigh muscles packaged under modified atmosphere // Archiv für Geflügelkunde. 2012. Т. 76. №. 3. С. 208-213.
- [3] Иванова, Р. Н. Газовая среда как способ увеличения срока хранения полуфабрикатов / Р. Н. Иванова, М. Г. Терентьева // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1(8). С. 66-71. DOI 10.17022/bcgy-w054. EDN XDCPCR.

### References

- [1] Parra V. et al. Modified atmosphere packaging and vacuum packaging for long period chilled storage of dry-cured Iberian ham // Meat Science. 2010. Т. 84. No. 4. pp. 760-768.
- [2] Orkusz A. et al. Influence of packaging materials on microbiological quality and odor of turkey thigh muscles packaged under modified atmosphere // Archiv für Geflügelkunde. – 2012. Т. 76. No. 3. pp. 208-213.
- [3] Ivanova, R. N. Gas environment as a way to increase the shelf life of semi-finished products / R. N. Ivanova, M. G. Terentyeva // Bulletin of the Chuvash State Agricultural Academy. 2019. No. 1(8). P. 66-71. DOI 10.17022/bcgy-w054. EDN XDCPCR.

### Сведения об авторах

### Information about the authors

<p><b>Курицына Юлия Сергеевна</b> студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>E-mail:</b> ylianna180218.com@gmail.com</p>	<p><b>Kuritsyna Yulia Sergeevna</b> student of the department «Food productions» Penza State Technological University <b>E-mail:</b> ylianna180218.com@gmail.com</p>
<p><b>Фролов Дмитрий Иванович</b> кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>	<p><b>Frolov Dmitriy Ivanovich</b> PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>

## Поликомпонентная пищевая добавка на основе овощной фасоли

*Куручкин А.А., Новикова О.А.*

**Аннотация.** В работе систематизирована информация о высоком потенциале использования овощной фасоли в качестве пищевой добавки. На основе анализа ранее выполненных работ, приведены аргументы в пользу технологического решения, в котором полезные ингредиенты овощной фасоли используются в составе поликомпонентной пищевой добавки, получаемой путем обработки смеси стручков овощной фасоли с зерном пшеницы. Представлен экспериментальный материал по результатам изучения отдельных характеристик овощной фасоли двух распространенных сортов. Предложены технологические режимы работы экструдера для получения этой пищевой добавки.

**Ключевые слова:** пищевые продукты, бобовые, фасоль, стручок, пшеница, термовакуумная экструзия, технология.

**Для цитирования:** Куручкин А.А., Новикова О.А. Поликомпонентная пищевая добавка на основе овощной фасоли // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 2. С. 19–24.

## Multicomponent food additive based on vegetable beans

*Kurochkin A.A., Novikova O.A.*

**Abstract.** The paper systematizes information about the high potential of using vegetable beans as a food additive. Based on the analysis of previously performed works, arguments are given in favor of a technological solution in which the useful ingredients of vegetable beans are used as part of a multicomponent food additive obtained by processing a mixture of vegetable bean pods with wheat grain. Experimental material is presented based on the results of studying individual characteristics of vegetable beans of two common varieties. Technological modes of operation of the extruder for obtaining this food additive are proposed.

**Keywords:** food products, legumes, beans, pod, wheat, thermal vacuum extrusion, technology.

**For citation:** Kurochkin A.A., Novikova O.A. Multicomponent food additive based on vegetable beans. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 2. pp. 19–24. (In Russ.).

### Введение

Бобовые сельскохозяйственные культуры широко применяются в многочисленных технологиях пищевой индустрии. При этом наиболее значимую долю в их объеме занимает соя и продукты ее переработки. Между тем сравнение химического состава и полезных свойств сои с другими культурами из семейства бобовых, позволяют акцентировать внимание и на такой культуре как фасоль. С позиций современных воззрений диетического питания и экономической целесообразности применение в пищевых технологиях фасоли весьма перспективно и позволит использовать все ее полезные свойства в полной мере [1, 2, 8-12].

Известно, что содержание белка в бобовых варьирует от 17 до 30%, что в два раза превышает

количество данного ингредиента, присутствующего в злаковых культурах. При этом, белки бобовых и зерновых считаются взаимодополняющими, поскольку первые богаты аминокислотой лизин, но относительно бедны серосодержащими аминокислотами (метионином и цистеином), которых больше в зерновых [3, 4].

Плоды бобовых содержат от 60 до 65% углеводов, что немного ниже, чем в зерновых (до 80%). Основным углеводом в бобовых является крахмал, а остальные представляют собой моносахариды (рибоза, глюкоза, галактоза и фруктоза), дисахариды (сахароза и мальтоза), олигосахариды (в основном  $\alpha$ -галактозиды) и другие полисахариды [1, 3].

Бобовые содержат достаточно много пищевой клетчатки. Особенно много ее в стручках растений [10, 11].

В современной науке клетчатка обычно характеризуется как пищевой материал (преимущественно растительный), который не гидролизует ферментами, выделяемыми пищеварительным трактом человека, но может перевариваться микрофлорой кишечника. Отгалкиваясь от классификационного признака, связанного с растворимостью пищевых волокон в водных системах в физиологических условиях человеческого организма, эти компоненты пищи обычно делят на две группы: нерастворимые и растворимые пищевые волокна.

Растворимая пищевая клетчатка включает в себя по большей части натуральные гелеобразующие волокна, такие как пектины, камеди, слизи, инулин, фруктаны, а также некоторые гемицеллюлозы и неперевариваемые олигосахариды. В толстой кишке пищеварительной системы она легко ферментируется и благодаря способности образовывать гели увеличивает вязкостные характеристики пищевых продуктов, что обеспечивает их задержку в тракте с целью более полного переваривания питательных веществ.

Нерастворимая пищевая клетчатка представлена в виде целлюлозы, некоторых разновидностях гемицеллюлозы, лигнина, арабиноксилана и резистентного крахмала. Основное назначение этого вида клетчатки – способствовать эффекту расслабления пищевого тракта за счет увеличения объема перерабатываемой в нем пищи [13-15].

Рассмотрим с позиции приведенной выше общей информации возможный потенциал фасоли в качестве обогащающей пищевой добавки.



Рис. 1. Семена фасоли овощной полусахарной в стадиях молочной (1), технической (2) и биологической (3) спелости



Рис. 2. Стручки фасоли овощной полусахарной в стадиях молочной (1) и технической спелости (2)

Сухая фасоль (созревшие и высушенные до влажности 14% семена *Phaseolus vulgaris* L.) в зависимости от сорта содержит в среднем 21,0% белка, 47% углеводов и 2% липидов.

Основные белковые фракции бобов фасоли – это глобулин (50-70%) и альбумин (10%). Среди аминокислот, присутствующих в сухих бобах, преобладают лизин (6,5-7,5 г/100 г белка) и тирозин с фенилаланином (5,0-8,0 г/100 г белка) [1, 3, 7].

Белки семян фасоли имеют гармоничный аминокислотный состав. По содержанию незаменимых аминокислот белок семян фасоли в среднем на 75,0 % соответствует стандартному белку куриного яйца (метод «химического числа») и почти на 100,0% – «эталонному белку» ФАО/ВОЗ (метод «аминокислотного скоря»); по содержанию критических аминокислот – соответственно 71,6 и 94,5% [1].

Преобладающим углеводом в семенах фасоли является крахмал (45,94-48,38%), а основным компонентом в общем количестве растворимых сахаров – сахароза (2,24-2,83%).

Содержание липидов в различных сортах фасоли составляет 1,57-2,16%. При этом анализ жирнокислотного состава семян фасоли показывает преимущественное содержание в них ненасыщенных жирных кислот – линолевой и линоленовой [7, 10, 15].

Из числа «балластных веществ» семена фасоли содержат значительное количество клетчатки (12,4 %), пектиновых веществ (2,98-3,15%) и гемицеллюлоз (4,25-5,18%).

Содержание золы в семенах фасоли составляет 3,1-4,1%. Ее ценность обусловлена высоким содержанием калия и магния (1001,2-1327,8 мг и 159,0-177,3 мг на 100 г сухого вещества соответственно) [1, 3, 14].

Семена фасоли – ценный источник витаминов: тиамин (0,38-0,44 мг), рибофлавин (0,15-0,19 мг), ниацин (2,25-2,89 мг), токоферол (3,52-4,04 мг на 100 г сухого вещества) [1, 14].

По назначению различают зерновую и овощную фасоль. У овощной в пищу используют зеленые бобы (стручки или лопатки) или же незрелые семена в отваренном, тушеном виде или в супах и гарнирах, а на юге – в основном для консервирования. По питательности она выше других видов овощей [1, 5, 11].

Кроме приведенной выше классификации, существует деление фасоли на три подгруппы в зависимости от особенностей защитной оболочки стручков:

- сахарная (спаржевая или овощная), у которой защитная оболочка имеет тонкий слой; мелкие бобы не покрываются твердым пергаментным налетом, оставаясь мягкими; стручки фасоли едят в стадии молочной спелости не отделяя зерна от оболочки; завязи у сахарных сортов образуются на протяжении всего сезона вегетации;

- полусахарная: волокнистый слой слабо развит; в фазе молочной спелости плоды употребляют

стручками, при достижении технической спелости стручки грубеют и в этом случае использовать можно только зерна;

– зерновая, иначе луцильная: защитная оболочка не пригодна в пищу; бобы используют, когда наступает техническое созревание – зерна становятся твердыми, приобретают разный окрас в зависимости от вида.

Фасоль овощная – ценная пищевая культура, пользующаяся большой популярностью у населения. Питательность ее незрелых бобов (стручков) определяется, кроме высокого содержания белков, наличием сахаров и витаминов. В исследованиях установлено: бобы фасоли овощной в технической спелости содержат до 6% белка, витамины А, В1, В2, В6, В12, К, С, РР, сахара (3,4%), минеральные соли К, Р, Са, Na, Fe, J, также они богаты клетчаткой (3,9%) и пектинами. В100 г зеленых бобов содержится 0,26-0,45 мг каротина и 23-28 мг аскорбиновой кислоты [1, 4].

Анализ исследований, связанных с применением фасоли, позволяет сделать выводы о возможности ее применения в качестве функциональной добавки при выработке целого ряда пищевых продуктов, в том числе – хлеба и хлебобулочных изделий [2, 9, 12].

Важно отметить, что свойства фасоли в зависимости от вида, степени созревания, составной части растения – семена или бобы (стручки), существенно отражаются на содержании в ней полезных ингредиентов. С этой точки зрения целесообразно использовать сорта фасоли, которые соответствуют рациональному направлению хозяйственного использования – овощному или зерновому.

Цель работы – обоснование технологии получения композитной пищевой добавки на основе овощной фасоли.

### **Объекты и методы исследований**

Объектами исследования являлись образцы плодов овощной полусахарной фасоли, а также технологические параметры процесса экструзии смеси стручков фасоли и зерна пшеницы.

### **Результаты и их обсуждение**

Известно, что обогащение ингредиентами, вырабатываемыми из семян бобовых культур, может осуществляться путем введения их в рецептуру пищевых продуктов в виде сухих смесей, пюре, экстрактов и экструдатов. Последний способ обогащения наиболее предпочтителен по сравнению с другими в силу своей универсальности и наименьшей трудоемкости [6, 8, 10, 14, 15].

Следует отметить, что изначально вопрос применения фасоли в качестве функциональной добавки к пищевым продуктам лежит как в научной, так и практической плоскости – в какой стадии спелости целесообразно ее применение. В стадии биоло-

гической спелости семена овощной фасоли имеют повышенное содержание нерастворимой клетчатки, а также следы антипитательных веществ. В связи с этим переработка таких семян предполагает следующие технологические операции: вымачивание, сушку, измельчение, просеивание и некоторые другие.

На наш взгляд, перерабатывать овощную фасоль для получения пищевой добавки более целесообразно в стадии технической спелости: в этот период развития растения в нем меньше нерастворимых пищевых волокон, а семена – достаточно нежные, мягкие и имеют наибольшую массу (рис. 1).

При этом наряду с массой семян заметно меняется и их влажность, а также влажность оболочки стручков фасоли – в стадии технической спелости она снижается до 50-52%.

В этом варианте для получения пищевой добавки овощную фасоль можно использовать в виде бобов (стручков), что позволит одновременно значительно увеличить объем вовлекаемого в переработку сырья. На рис. 2 приведены стручки фасоли овощной полусахарной в стадиях молочной (1) и технической спелости (2).

Для реализации цели исследований на первом их этапе рассмотрим некоторые технологические особенности образцов овощной фасоли двух близких по своим достоинствам сортов (табл. 1).

С точки зрения экструдирования стручки овощной фасоли в стадии технической спелости имеют влажность, при которой экструдировать их известными способами невозможно. Для такого сырья целесообразно использовать наполнитель с пониженной влажностью и высоким содержанием крахмала. Опыт получения пищевых добавок в виде экструдатов на основе растительного сырья с повышенной влажностью показывает, что в качестве наполнителя можно использовать зерно пшеницы влажностью 14%, а процесс экструдирования смеси выполнять с помощью экструдера, оснащенного вакуумной камерой. Экструдеры такого типа (термовакuumные) позволяют снизить влажность обрабатываемого сырья более чем в 2-2,5 раза, что исключает необходимость досушивания получаемого экструдата [6, 8].

Практическая реализация представленной научной гипотезы нашла воплощение сначала в опытной отработке отдельных технологических операций, а затем в логически обоснованной и экспериментально подтвержденной технологии получения пищевой добавки на основе овощной фасоли.

Сущность технологии заключается в следующем. Стручки овощной фасоли в стадии технической спелости влажностью 52-56 % измельчали на частицы размером 8-10 мм и смешивали с зерном пшеницы влажностью 14% в соотношении 1:2,5. Полученную смесь выдерживали в смесителе в течение 1,0-1,5 часов, после чего подвергали обработке с помощью термовакuumного экструдера в тече-

Таблица – Технологические особенности образцов овощной фасоли\*

Показатели	Сорт растения	
	Краснодарская	Желтая река
Цвет	желтый; в стадии биологической спелости – с красными прожилками	желтый
Форма стручка	плоская, широкая	круглая
Длина стручка, см	14,8	16,3
<i>Стадия молочной спелости</i>		
Масса стручка, г	16,7	14,8
Масса семян в стручке, г	3,6	3,1
Масса 1000 семян, г	349	316
Соотношение масс семян и оболочки стручка, %	22:78	21:79
Влажность семян и оболочки, %	85	87
<i>Стадия технической спелости</i>		
Масса стручка, г	14,1	13,6
Масса семян в стручке, г	4,3	4,2
Масса 1000 семян, г	752	710
Соотношение масс семян и оболочки стручка, %	30:70	32:69
Влажность семян и оболочки, %	52	56
<i>Стадиях биологической спелости</i>		
Масса стручка, г	4,7	4,4
Масса семян в стручке, г	3,1	3,4
Масса 1000 семян, г	631	686
Соотношение масс семян и оболочки стручка, %	66:34	77:23
Влажность семян и оболочки, %	10	12

\* – средние данные из 3-х замеров

ние 10-15 секунд при температуре 100-110 °С. На выходящий из фильеры экструдера экструдат воздействовали пониженным давлением, равным 0,07-0,08 МПа с целью более интенсивного «вскипания» (вспучивания) и достижения в нем влаги 8-10%. Одновременно экструдат разрезался на частицы размером 3-4 мм режущим устройством, входящим в состав экструдера.

### Выводы

Таким образом, при использовании овощной фасоли в технической стадии спелости влажностью 52-56 % и зерна пшеницы влажностью 14% можно получить экструдат приемлемого качества влажностью 8-10 %. Такая пищевая добавка, расфасованная в специальную пищевую тару, достаточно долго сохраняет свои качества и может использоваться в процессе изготовления продуктов питания в соответствии с регламентом.

### Литература

- [1] Босак, В.Н. Биологическая ценность и аминокислотный состав различных сортов фасоли овощной / В.Н. Босак, Т.В. Сачивко //Овощеводство. 2017. т. 25. С. 5-10.
- [2] Волох, Е.Ю. Разработка технологии производства пшеничного хлеба с использованием добавок из бобовых культур: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 05.18.01 / Волох Елена Юрьевна. Махачкала, 2017. 24 с.

### References

- [1] Bosak, V.N. Biological value and amino acid composition of various varieties of vegetable beans / V.N. Bosak, T.V. Sachivko //Vegetable growing. 2017. vol. 25. p. 5-10.
- [2] Volokh, E.Yu. Development of technology for the production of wheat bread using additives from legumes: abstract. dis. ... candidate of Agricultural Sciences: 05.18.01 / Volokh Elena Yurievna. Makhachkala, 2017. 24 p.

- [3] Костикова, Н.О. Оценка различных сортов фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) по химическому составу и энергетической ценности зерна / Н.О. Костикова, О.А. Миуц // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. №3 (39). С. 97-101. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-97-101.
- [4] Коцюбинская О.А. Продуктивность, экологическая пластичность сортов фасоли овощной при различных сроках посева и нормах высевы в Южной Лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ...к. с.-х. н. / О.А. Коцюбинская. – М., 2020. – 26 с.
- [5] Куркина, Ю.Н. К вопросу устойчивости овощной фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.) к засухе и болезням / Ю.Н. Куркина, Нго Тхи Зиен Киеу // Агропромышленные технологии Центральной России. Выпуск 1 (№19). 2021. С. 31-38. DOI 10.24888/2541-7835-2021-19-31-38.
- [6] Курочкин, А.А. Теоретическое обоснование применения экструдированного сырья в технологиях пищевых продуктов / А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова // Монография. – Пенза, 2015. – 182 с.
- [7] Марадудин М.С., Нутрициологический потенциал фасоли в создании пищевых продуктов / М.С. Марадудин, И.В. Симакова, Н.В. Болотова, А.С. Федонников // Вопросы детской диетологии, 2022. том 20. №3. С. 67-74. DOI: 10.20953/1727-5784-2022-3-67-74.
- [8] Пат. 2 803 770 Российская Федерация, МПК7 А21D 2/36. Способ производства хлеба / А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, М.О. Волошина, С.А. Буренкова. – №2023114709; заявл. 05.06.2023; опубл. 19.09.2023, Бюл. №26.
- [9] Русина, И.М. Возможности применения муки из фасоли и гороха в хлебопечении / И.М. Русина, А.Ф. Макариков, Т.П. Троцкая, Ю.В. Мистюк, С.С. Ковалевская // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2012. № 4(18). С. 22-27.
- [10] Царева, Н.И. Бобовые в технологии продуктов питания со взбивной структурой: монография / Н.И. Царева, Е.Н. Артемова. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», 2014. 133 с.
- [11] Черемных, Д.А. Применение зеленой стручковой фасоли для обогащения пшеничной муки / Д.А. Черемных, Л.В. Наймушина, И.Д. Зыкова // Вестник КрасГАУ. 2018. № 3. С. 152-156.
- [12] Чижикова, О.Г. Разработка ассортимента хлеба пшеничного с добавлением семян фасоли / О.Г. Чижикова, О.Л. Коршенко, М.А. Суховарова, А.В. Исаков // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №3 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/184TVN315.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/184TVN315.
- [13] Pedrosa M.M., Guillamón E., Arribas C. Autoclaved and Extruded Legumes as a Source of Bioactive Phytochemicals: A Review. *Foods*. 2021 Feb 9;10(2):379. doi: 10.3390/foods10020379. PMID: 33572460; PMCID: PMC7919342.
- [14] Cotacallapa-Sucapuca M., Vega E.N., Maievas H.A., Berrios J.J., Morales P., Fernández-Ruiz V., Cámara M. Extrusion Process as an Alternative to Improve Pulses Products Consumption. A Review. *Foods*. 2021 May
- [3] Kostikova, N.O. Evaluation of various varieties of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) by chemical composition and energy value of grain / N.O. Kostikova, O.A. Miyuts // *Legumes and cereals*. 2021. No.3 (39). pp. 97-101. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-97-101.
- [4] Kotsyubinskaya O.A. Productivity, ecological plasticity of vegetable bean varieties at different sowing dates and seeding rates in the Southern Forest-steppe of Western Siberia: abstract of the dissertation ...K. S.-kh. n. / O.A. Kotsyubinskaya. – M., 2020. – 26 p.
- [5] Kurkina, Yu.N. On the issue of resistance of vegetable beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to drought and diseases / Yu.N. Kurkina, Ngo Thi Ziem Kieu // *Agro-industrial technologies of Central Russia*. Issue 1 (No.19). 2021. pp. 31-38. DOI 10.24888/2541-7835-2021-19-31-38.
- [6] Kurochkin, A.A. Theoretical justification of the use of extruded raw materials in food technologies / A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G.V. Shaburova // *Monograph*. Penza, 2015. 182 p .
- [7] Maradudin M.S., Nutritiological potential of beans in the creation of food products / M.S. Maradudin, I.V. Simakova, N.V. Bolotova, A.S. Fedonnikov // *Questions of children's Dietetics*, 2022. volume 20. No.3. pp. 67-74. DOI: 10.20953/1727-5784-2022-3-67-74.
- [8] Pat. 2 803 770 Russian Federation, MPK7 A21D 2/36. Method of bread production / A.A. Kurochkin, P.K. Garkina, M.O. Voloshina, S.A. Burenkova. – No. 2023114709; application 05.06.2023; publ. 19.09.2023, *Bul.* No. 26.
- [9] Rusina, I.M. The possibilities of using flour from beans and peas in baking / I.M. Rusina, A.F. Makarchikov, T.P. Trotskaya, Yu.V. Mistyuk, S.S. Kovalevskaya // *Food industry: Science and technology*. 2012. No. 4(18). pp. 22-27.
- [10] Tsareva, N.I. Legumes in the technology of food with a whipped structure: monograph / N.I. Tsareva, E.N. Artemova. – Orel: FGBOU VPO «Gosuniversitet-UNPK», 2014. 133 p.
- [11] Cheremnykh, D.A. The use of green string beans for enriching wheat flour / D.A. Cheremnykh, L.V. Naimushina, I.D. Zykova // *Bulletin of KrasGAU*. 2018. No. 3. pp. 152-156.
- [12] Chizhikova, O.G. Development of an assortment of wheat bread with the addition of bean seeds / O.G. Chizhikova, O.L. Korshenko, M.A. Sukhovarova, A.V. Isakov // *Online journal «Science Studies»* Volume 7, No. 3 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/184TVN315.pdf> (access is free). Cover from the screen. *Yaz. rus., eng.* DOI: 10.15862/184TVN315.
- [13] Pedrosa M.M., Guillamón E., Arribas C. Autoclaved and Extruded Legumes as a Source of Bioactive Phytochemicals: A Review. *Foods*. 2021 Feb 9;10(2):379. doi: 10.3390/foods10020379. PMID: 33572460; PMCID: PMC7919342.
- [14] Cotacallapa-Sucapuca M., Vega E.N., Maievas H.A., Berrios J.J., Morales P., Fernández-Ruiz V., Cámara M. Extrusion Process as an Alternative to Improve Pulses Products Consumption. A Review. *Foods*. 2021 May

Extrusion Process as an Alternative to Improve Pulses Products Consumption. A Review. Foods. 2021 May 15;10(5):1096. doi: 10.3390/foods10051096. PMID: 34063375; PMCID: PMC8156340.

- [15] Orozco-Angelino X, Espinosa-Ramírez J, Serna-Saldívar SO. Extrusion as a tool to enhance the nutritional and bioactive potential of cereal and legume by-products. Food Res Int. 2023 Jul;169:112889. doi: 10.1016/j.foodres.2023.112889. Epub 2023 Apr 27. PMID: 37254337.

15;10(5):1096. doi: 10.3390/foods10051096. PMID: 34063375; PMCID: PMC8156340.

- [15] Orozco-Angelino X, Espinosa-Ramírez J, Serna-Saldívar SO. Extrusion as a tool to enhance the nutritional and bioactive potential of cereal and legume by-products. Food Res Int. 2023 Jul;169:112889. doi: 10.1016/j.foodres.2023.112889. Epub 2023 Apr 27. PMID: 37254337.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Курочкин Анатолий Алексеевич</b> доктор технических наук профессор кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(927) 382-85-03 <b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru</p>	<p><b>Kurochkin Anatoly Alekseevich</b> D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(927) 382-85-03 <b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru</p>
<p><b>Новикова Ольга Анатольевна</b> аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(937) 914-73-00 <b>E-mail:</b> ms.varlos@mail.ru</p>	<p><b>Novikova Olga Anatolievna</b> upostgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(937) 914-73-00 <b>E-mail:</b> ms.varlos@mail.ru</p>

## Оценка качества приготовления спагетти

*Павлова Ю.А., Фролов Д.И.*

**Аннотация.** В работе представлены исследования по оценке кулинарных качеств спагетти. Для исследования были использованы десять марок коммерческих образцов спагетти. Для оценки качества спагетти проведены исследования макаронных изделий на сдвиг (сила сдвига). По мере увеличения времени приготовления наблюдалось уменьшение значений силы сдвига. Наибольшие их значения получены для макарон, изготовленных из манной крупы. Хранение макаронных изделий после варки также вызвало снижение этих показателей (максимальная сила сдвига снизилась примерно на 50 % во всех образцах). Результаты показали положительную корреляцию между консистенцией макаронных изделий, описанной на основе органолептической оценки, и значениями параметров, полученных при испытании макаронных изделий на сдвиг. Параметры, описанные на основе теста спагетти на сдвиг, хорошо описывают качество варки макарон с точки зрения времени приготовления и времени хранения макарон после варки. Эти параметры могут быть полезны при оценке качества приготовления спагетти и сделать оценку качества более объективной.

**Ключевые слова:** качество, макаронные изделия, варка, сила сдвига.

**Для цитирования:** Павлова Ю.А., Фролов Д.И. Оценка качества приготовления спагетти // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 2. С. 25–30.

## Assessing the quality of spaghetti cooking

*Pavlova Yu.A., Frolov D.I.*

**Abstract.** The paper presents research on assessing the culinary qualities of spaghetti. Ten brands of commercial spaghetti samples were used for the study. To assess the quality of spaghetti, shear testing (shear force) of pasta was carried out. As cooking time increased, a decrease in shear force values was observed. Their highest values were obtained for pasta made from semolina. Storing pasta after cooking also caused a decrease in these values (maximum shear force decreased by approximately 50% in all samples). The results showed a positive correlation between the consistency of the pasta, as described by the sensory evaluation, and the parameter values obtained from the shear testing of the pasta. The parameters described based on the spaghetti shear test well describe the quality of pasta cooking in terms of cooking time and storage time of the pasta after cooking. These parameters can be useful in assessing the quality of spaghetti cooking and make quality assessment more objective.

**Keywords:** quality, pasta, cooking, shear force.

**For citation:** Pavlova Yu.A., Frolov D.I. Assessing the quality of spaghetti cooking. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 2. pp. 25–30. (In Russ.).

### Введение

Качество макаронных изделий зависит главным образом от свойств мучного сырья, особенно от содержания и качества белка, а также свойств клейковины, при этом свойства крахмала имеют меньшее значение [1]. Лучшим сырьем для производства макаронных изделий является крупа из

твердых сортов пшеницы. Это самый дорогой материал, поэтому макароны часто производят из муки мягкой пшеницы, но продукт, полученный из такой муки, отличается плохими кулинарными качествами. В России около 50% макаронных изделий производится из обычной муки.

Внешний вид макаронных изделий и другие признаки органолептических качеств после варки

Таблица 1 - Характеристики проанализированных макаронных изделий

Номер образца	Страна	Главный компонент		Влажность, %	Диаметр, мм	Минимальное время приготовления, тр, мин
		манная крупа	обычная пшеничная мука			
1.	Италия	+	-	11,59	1,8	9
2.	Россия	+	-	11,39	1,9	12,5
3.	Италия	+	-	10,45	1,8	12
4.	Италия	+	-	10,53	1,8	11
5.	Италия	+	-	12,15	1,7	10,5
6.	Италия	+	-	11,65	1,8	11
7.	Италия	+	-	11,08	1,8	11,5
8.	Россия	+	+	8,7	1,7	11,5
9.	Россия	-	+	12,35	1,7	7
10.	Россия	-	+	12,14	1,6	8

являются важнейшими критериями оценки качества макаронных изделий. Оценка внешнего вида включает: цвет, однородность, изменение цвета и текстуры поверхности (гладкость, белые пятна, полосы, пузырьки воздуха). Для оценки текстуры используются как сенсорные, так и инструментальные методы. Они позволяют определить влияние различных факторов (например, качества сырья, времени варки или параметров технологического процесса производства макаронных изделий) на изменение текстуры.

Особенно важна устойчивость макаронных изделий к переварке. Исследования показали, что следует избегать переваривания, особенно в случае макаронных изделий небольшого размера, таких как вермишель [2]. Это приводит к значительным потерям при приготовлении и изменению текстуры, включая снижение твердости.

При неподходящих параметрах технологического процесса невозможно получить качествен-

ный продукт даже при самом высоком качестве сырья. Макароны, изготовленные из манной крупы, полученной преимущественно из эндосперма зерна, характеризуются хорошими текстурными свойствами после варки, однако переваривание приводит к быстрому снижению ее твердости. Изделия, полученные из манной крупы с более высоким выходом муки, из периферических частей эндосперма, имеют более темный цвет и несколько худшие кулинарные качества, но более устойчивы к переварке.

Производители макаронных изделий сегодня выпускают сотни изделий разных форм и размеров. Одна из самых популярных форм - спагетти. Поэтому целью настоящего исследования было определение качества приготовления спагетти. С этой целью были проведены предварительные исследования по использованию параметров, полученных на основе испытания макаронных изделий на сдвиг (сила сдвига), для оценки качества спагетти.

### Объекты и методы исследования

В качестве экспериментального материала использовали пять марок коммерческих образцов спагетти, произведенных в России и Италии. Два изделия были изготовлены из пшеничной муки, одно из смеси манной крупы с пшеничной мукой, другое - из манной крупы (таблица 1). Пасты изготавливались без добавления яиц.

Исследования включали определение: содержания влаги, длины, диаметра, минимального времени варки макаронных изделий, индекса увеличения веса и потерь при варке. Сенсорную оценку макаронных изделий до и после приготовления проводила группа из 10 экспертов по шкале оценок от 1 до 5. Оценивали такие параметры, как запах, вкус, форма и консистенция. Инструментальный метод применялся также для оценки текстурных свойств макаронных изделий. Отдельные образцы макаронных изделий помещали на нижнюю пла-

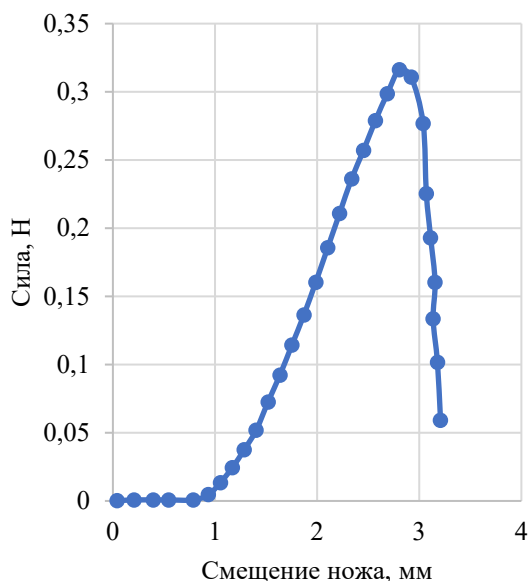


Рис.1. Пример кривой сдвига макаронных изделий

стину машины для испытания на сопротивление и разрезали ножом (толщиной 1 мм) со скоростью 10 мм/мин до тех пор, пока расстояние между ножом и пластиной не составляло 0,1 мм. На основании полученных кривых (рис. 1) были определена максимальная сила сдвига. Исследования проводились непосредственно после варки макаронных изде-

лий и на образцах, хранившихся в холодильнике в течение 24 ч при температуре 8°C. За полчаса до анализа пробы держали при комнатной температуре (22-23°C). Исследования проводились после минимального времени варки (рекомендованного производителем) и после переваривания макарон в течение 2,5; 5,0; 7,5 и 10 мин. Описанные параме-



Рис. 2. Влияние времени варки на индекс увеличения веса (w), потери при варке (P) и консистенцию (K) макаронных изделий, полученных из различного сырья

тры рассчитывались как средние для пяти измерений. Был проведен дисперсионный анализ. Также определяли коэффициенты корреляции между показателями и полученные зависимости описывали уравнениями множественной регрессии. Для всех тестов уровень значимости составил 0,05.

### Результаты и их обсуждение

Все пасты были хорошо упакованы. На упаковке была информация об ингредиентах и сроке годности. Внешний вид и запах макарон были желательными. Макароны, изготовленные из муки грубого помола, имели более светлый цвет, чем макароны, полученные из твердых сортов пшеницы. Влажность макарон не превышала отметки 12,5%. Диаметр макарон перед варкой составлял от 1,5 до 1,8 мм, а минимальное время варки – от 7,0 до 12,5 мин (табл. 1). В большинстве случаев разница между минимальным временем варки макарон и временем, рекомендованным производителем, не превышала 30 с. Диаметр образцов спагетти после варки был одинаковым (2,7–2,9 мм).

Самые высокие значения индекса прибавки массы получены у спагетти, изготовленных из манной крупы. Этот показатель статистически значимо увеличивался при переварке с 2,7 до 3,3. Аналогичная тенденция (увеличение значения индекса с 2,6 до 3,0) наблюдалась у макарон, полученных из муки грубого помола и переваренных в течение 2,5 и 5 мин. Однако более длительное время варки вызвало значительное снижение индекса прибавки массы до 2,6. Это можно объяснить более высокими потерями при варке этих продуктов (рис. 2). Потери при варке увеличиваются при переварке макарон. После каждого раза варки макароны, полученные из муки грубого помола, характеризовались статистически значимо более высокими потерями при варке, чем макароны, изготовленные из манной крупы. Потери при варке макаронных изделий, изготовленных из муки грубого помола, варьировались от 6,4 до 13,7 %, а у манных изделий - от 4,9 до 9,2 % (рисунок 2). Однако по мере увеличения времени приготовления увеличивалась и разница между потерями при варке спагетти из манной крупы и пшеничной муки. Потери при варке являются одним из основных параметров, принимаемых во внимание при оценке качества макаронных изделий. В качественном продукте их содержание не должно превышать 8% сухого вещества.

Потери при варке -  $P$  описывались уравнением регрессии с учетом времени варки -  $t$ , индекса увеличения массы -  $w$  и диаметра макарон перед варкой  $d1$ :

$$P=0,814 \cdot t - 6,352 \cdot w - 16,414 \cdot d1, R2=0,74 \quad (1)$$

Помимо показателей уравнения (1) и вида сырья, потери при варке зависят еще и от степени повреждения крахмала. Большую порчу крахмала

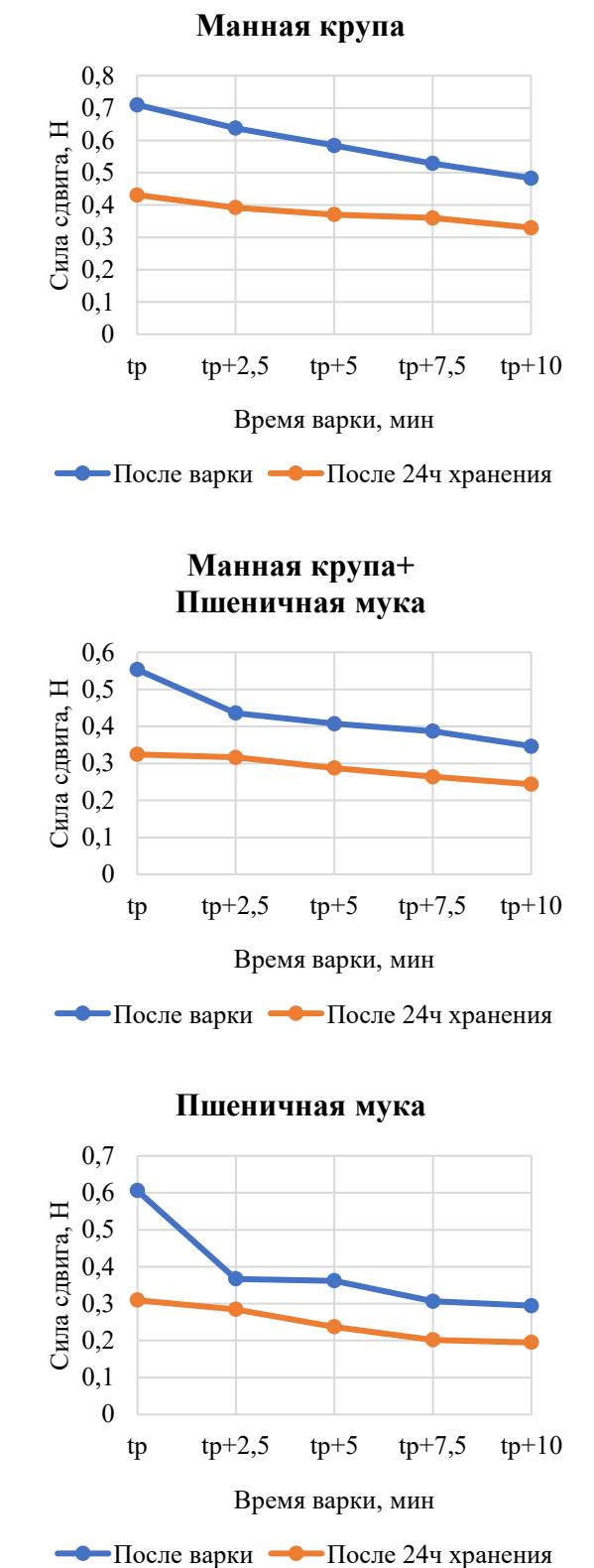


Рис. 3. Влияние времени варки на максимальную силу сдвига (F) сырых и хранящихся макаронных изделий, изготовленных из: а - манной крупы, б - смеси манной крупы с мукой пшеничной, в - муки пшеничной.

в манной крупе вызывает слишком интенсивное измельчение зерна при помоле. Следовательно, продукт, полученный из этого вида сырья, характеризуется более высокими потерями при варке, особенно когда повреждение крахмала превышает 15%.

Длительная варка привела к снижению твердости макаронных изделий. Наименьшее количество баллов получили макароны, изготовленные из муки грубого помола (рис. 2). Хранение макарон после варки отрицательно повлияло на изменение консистенции. Его твердость уменьшилась, а клейкость увеличилась. Как следствие, продукту была присвоена значительно более низкая оценка (в среднем на два балла) за консистенцию. Время приготовления не оказало статистически значимого влияния на запах, вкус и форму макарон.

Время приготовления повлияло на максимальную силу сдвига макаронных изделий. Этот параметр существенно уменьшался при переварке. Наименьшие значения максимальной силы сдвига получены для спагетти, изготовленных из муки грубого помола (снижение с 0,6 до 0,3 Н), а самые высокие для макарон из манной крупы (снижение с 0,7 до 0,5 Н). После минимального времени варки полученные значения для спагетти из манной крупы были на 17% выше, чем для продукта из обычной пшеничной муки. В случае переваривания эти значения были примерно на 60% выше. Хранение макаронных изделий привело к статистически значимому снижению максимальной силы сдвига примерно на 50%. Однако продукт, полученный из манной крупы, характеризовался наиболее высокими значениями этих показателей (рисунок 3).

Изменение максимальной силы сдвига макаронных изделий из манной крупы описывалось уравнением регрессии с учетом потерь при варке (P) и индекса увеличения веса (w):

$$F = -0,014 \cdot P - 0,253 \cdot w + 1,484, R^2 = 0,85 \quad (2)$$

Потери при приготовлении и индекс увеличения веса также коррелируют с клейкостью спагетти.

Значения максимальной силы сдвига отдельных макаронных изделий также коррелировали с сенсорной оценкой консистенции макаронных изделий [3]. Подобные корреляции наблюдались и другими авторами.

Во время варки макаронных изделий в результате теплового воздействия и поглощения воды инициируются некоторые реакции (например, набухание белка, желатинизация крахмала, увели-

чение веса и объема макаронных изделий). Эти реакции оказывают большое влияние на качество приготовления макаронных изделий [4]. Более того, при хранении приготовленных макаронных изделий содержание воды равномерно распределяется по сечению продукта. Это может снизить твердость макаронных изделий, что было подтверждено органолептической оценкой и испытанием макаронных изделий на сдвиг.

Процесс сушки также влияет на твердость макарон. Более высокая температура сушки повышает твердость приготовленных макарон [5].

## Выводы

Потери при варке увеличиваются при переварке макарон. После каждого раза варки макароны, полученные из муки грубого помола, характеризовались наибольшими потерями при варке. По мере увеличения времени приготовления увеличивалась и разница между потерями при варке спагетти из манной крупы и пшеничной муки. Факторами, которые оказывают существенное влияние на потери при варке, были: время варки (положительная корреляция), индекс увеличения веса и диаметр макаронных изделий перед варкой (отрицательная корреляция). Полученная зависимость описывалась уравнением множественной регрессии ( $R^2 = 0,74$ ). По мере увеличения времени приготовления максимальный сдвиг уменьшился. Наибольшие значения этих показателей получены для макаронных изделий, изготовленных из манной крупы. Хранение макаронных изделий также вызвало снижение этих показателей. Значения, характеризующие консистенцию макаронных изделий, полученные на основе органолептической оценки, коррелировали со значениями, полученными на основе испытания на сдвиг.

Результаты показали, что параметры, описанные на основе испытания спагетти на сдвиг (сила сдвига), хорошо описывают качество варки макаронных изделий с точки зрения времени приготовления и времени хранения макаронных изделий после варки. Эти параметры могут быть полезны при оценке качества приготовления макаронных изделий и сделать оценку качества более объективной.

## Литература

- [1] Romano A. et al. New ingredients and alternatives to durum wheat semolina for a high quality dried pasta // Current Opinion in Food Science. 2021. Т. 41. С. 249-259.
- [2] Bonomi F. et al. Structure–quality relationship in commercial pasta: A molecular glimpse // Food Chemistry. 2012. Т. 135. №. 2. С. 348-355.

## References

- [1] Romano A. et al. New ingredients and alternatives to durum wheat semolina for a high quality dried pasta // Current Opinion in Food Science. 2021. Т. 41. pp. 249-259.
- [2] Bonomi F. et al. Structure–quality relationship in commercial pasta: A molecular glimpse // Food Chemistry. 2012. Т. 135. No. 2. pp. 348-355.

- [3] Peressini D. et al. Viscoelastic properties of durum wheat doughs enriched with soluble dietary fibres in relation to pasta-making performance and glycaemic response of spaghetti // Food Hydrocolloids. 2020. T. 102. C. 105613.
- [4] Malhotra N. et al. Nutritional composition, techno-functionality, in-vitro starch digestibility, structural characteristics and storage stability of sweet potato flour and mash supplemented specialty pasta // LWT. 2022. T. 168. C. 113886.
- [5] Jia B. et al. Degradation of starch in pasta induced by extrusion below gelatinization temperature // Food Chemistry. 2023. C. 136524.
- [3] Peressini D. et al. Viscoelastic properties of durum wheat doughs enriched with soluble dietary fibers in relation to pasta-making performance and glycaemic response of spaghetti // Food Hydrocolloids. 2020. T. 102. P. 105613.
- [4] Malhotra N. et al. Nutritional composition, techno-functionality, in-vitro starch digestibility, structural characteristics and storage stability of sweet potato flour and mash supplemented specialty pasta // LWT. 2022. T. 168. P. 113886.
- [5] Jia B. et al. Degradation of starch in pasta induced by extrusion below gelatinization temperature // Food Chemistry. 2023. P. 136524.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Павлова Юлия Александровна</b> студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p><b>Pavlova Yulia Alexandrovna</b> student of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>
<p><b>Фролов Дмитрий Иванович</b> кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>	<p><b>Frolov Dmitriy Ivanovich</b> PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>

## Разработка макарон и лапши на основе водных экстрактов и порошков из растительных продуктов Тамбовской области

*Родионов Ю.В., Зайцев Д.А., Рыбин Г.В., Матвеев Д.А., Гливенкова О.А.*

**Аннотация.** Данная статья посвящена разработке оптимальных рецептов производства лапши и макарон на основе мягких и твёрдых сортов пшеницы с заменой воды на вакуумные водные экстракты чеснока «Юбилейный грибовский» и его шелухи, а также водного экстракта чёрной рябины сорта «Мулатка». В макаронные изделия добавлена в качестве улучшителя мука нута. Расширение функциональных свойств изделий проводится за счет добавления порошков: тыквы сорта «Мичуринская»; моркови сорта «Московская зимняя»; свеклы сорта «Бона» и порошков чёрной или красной рябины, полученными с применением вакуумной экстракции и вакуумной сушки. Авторами установлено, что это позволяет создать макароны качеством оптимальнее чем качество макаронных изделий из твёрдых сортов пшеницы.

**Ключевые слова:** лапша, твердые и мягкие сорта пшеницы, вакуумная сушка и экстракция продуктов растительного происхождения, мука, биологически активные вещества.

**Для цитирования:** Родионов Ю.В., Зайцев Д.А., Рыбин Г.В., Матвеев Д.А., Гливенкова О.А. Разработка макарон и лапши на основе водных экстрактов и порошков из растительных продуктов Тамбовской области // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 2. С. 31–36.

## Development of pasta and noodles based on aqueous extract and powders from plant products of the Tambov region

*Rodionov Yu.V., Zaitsev D.A., Rybin G.V., Matveev D.A., Glivenkova O.A.*

**Abstract.** This article is devoted to the development of optimal recipes for the production of noodles and pasta based on soft and durum wheat varieties with the replacement of water with vacuum aqueous extracts of «Yubileiny Gribovsky» garlic and its husks, as well as an aqueous extract of black mountain ash of the «Mulatka» variety. Chickpea flour is added to pasta as an improver. The expansion of the functional properties of products is carried out by adding powders: pumpkin varieties «Michurinskaya»; carrot varieties «Moscow Winter»; beets of the «Bona» variety and powders of black or red mountain ash, obtained using vacuum extraction and vacuum drying. The authors found that this allows you to create pasta with a quality that is more optimal than the quality of pasta from durum wheat.

**Keywords:** noodles, durum and soft wheat varieties, vacuum drying and extraction of vegetable products, flour, biologically active substances.

**For citation:** Rodionov Yu.V., Zaitsev D.A., Rybin G.V., Matveev D.A., Glivenkova O.A. Development of pasta and noodles based on aqueous extract and powders from plant products of the Tambov region. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 2. pp. 31–36. (In Russ.).

### Введение

Производство лапши и макарон — это отрасль пищевой промышленности, которая в настоящее время активно развивается в Российской Федерации. Лапша и макароны — это мучные продукты массового потребления. В среднем на одного человека в нашей стране приходится до шести килограмм в год этих изделий. При этом основная

задача при производстве лапши и макарон — это повышение качества макаронных изделий, увеличение ассортимента, внедрение новых разработок в технологию производства и повышения вкусовых качеств продукции с увеличением витаминов. [1-3]

Лапша и макароны сыграли большую роль в питании во время пандемии «COVID-19». Так уровень потребления макарон и лапши вырос.

Макароны - это изделия из теста. Они хранятся

в сухом виде и перед употреблением отвариваются. При изготовлении теста часто используют растительные добавки, например, красители (шпинат, чернила каракатиц, томатная паста и другие). Термин «макаронные изделия» часто относят только к изделиям из теста - высушенным.

Лапша - это вид макаронных изделий, которая имеет форму узких и длинных полос из теста. Изготовленной из муки (пшеничной, рисовой), замешанной на воде. Некоторые сорта содержат различные добавки, например, яйца или яичный порошок (яичная лапша).

Мучные продукты питания богаты калием. Калий в организме человека играет большую роль. Его основная задача заключается в сохранении функционирования клеточных стенок и концентрации основного питательного вещества для сердца - магния и его физиологических действий. Калий приводит в порядок сердечный ритм, сохраняет кровяной кислотно - щелочной баланс, является антисклеротическим средством, так как борется с накоплением солей натрия в сосудах и клетках. Калий снабжает мозг кислородом, повышая мозговую активность, нормализует кровяное давление, очищает организм от шлаков и токсинов, а также помогает при лечении аллергических заболеваний. [4]

Также богаты макаронные изделия таким элементом, как аминокислота триптофан. Аминокислота триптофан улучшает процессы метаболизма в организме и восстанавливает силы после тяжелых нагрузок. Из этого следует, что макароны - энергетическая еда, способствующая восстановлению и появлению сил, в ста граммах продукта содержится пятнадцать граммов белка. Благодаря регуляции сна и настроения улучшается работоспособность. Также стоит отметить, что макаронные изделия очень полезны спортсменам.

#### Цель работы

В статье рассматривается создание лапши и макарон на основе муки из мягкой и твердой пшеницы с добавлением порошков моркови сорта «Московская зимняя»; порошка свеклы сорта «Бона», тыквы сорта «Мичуринская»; водного экстракта чеснока сорта «Юбилейный грибовский» и его шелухи; водный экстракт черноплодной рябины сорта «Мулатка», полученных с помощью вакуумной сушки и экстракции. В качестве улучшителя применяем муку нута.

#### Объекты и методы исследования

В настоящее время технологией изготовления новых продуктов питания функционального назначения на основе растительных порошков и их применения в качестве биологически активных добавок занимаются Лежнева Е.А., Рудобашта С.П., Родионов Ю.В., Иванова И.В. [5-8]

На основании проведенных исследований выявлены универсальные представители растительных ингредиентов (ЦРЧ), которые не только будут

обогащать дополнительными нутриентами готовый продукт, но и влиять на его качество и стоимость. Экспериментальные исследования биологического состава и её качества определялись в лаборатории Мичуринского государственного аграрного университета (МичГАУ) ЦКП «Селекция сельскохозяйственных культур технологии производства, хранения и переработки продукции функционального и лечебно - профилактического назначения»

Физическим объектом исследования стали экспериментальные макароны и лапша, полученные посредством использования для муки мягких и твердых сортов пшеницы и водных экстрактов чеснока сорта «Юбилейный грибовский» гидромуль Г=1:50, шелухи чеснока сорта «Юбилейный грибовский» Г=1:50, водных экстрактов черноплодной рябины сорта «Мулатка» Г=1:100, порошками тыквы сорта «Мичуринская», моркови сорта «Московская зимняя», красной свеклы сорта «Бона», в качестве контроля используем - макароны «Макфа», изготовленных из пшеницы твердых сортов. (Рисунок 1)

#### Результаты и их обсуждение

Рассматриваем два принципиальных подхода организации производства лапши:

1) Мука из твердой пшеницы (МТ), добавляем водный экстракт чёрной рябины сорта «Мулатка» (ВЭР), далее добавляем порошок тыквы сорта «Мичуринская» (ПТ), следующим этапом добавляем во-



Рис. 1. Макароны «Макфа»

дный экстракт чеснока сорта «Юбилейный грибовский» (ВЭЧ), конечным этапом соль и мука нута в качестве улучшителя;

2) Мука из мягкой пшеницы (ММ), добавляем порошок тыквы сорта «Мичуринская» (ПТ), кроме порошка тыквы добавляем порошок свеклы сорта «Бона» (ПС) и порошок моркови сорта «Московская зимняя» (ПМ), вместо ВЭЧ следует добавить водный экстракт шелухи чеснока сорта «Юбилейный грибовский» (ВЭШЧ), конечным этапом соль и мука нута в качестве улучшителя.

Для традиционной лапши основным сырьем является мука из твердых сортов пшеницы, тогда они не развариваются, не слипаются и имеют низкий гликемический индекс, но в России производство муки из твердых сортов пшеницы является затратным (твердые сорта пшеницы в нашей стране выращивают около 10% производителей) поэтому использование муки на основе мягких видов пшеницы является оправданным, хотя такое сырьё для производства лапши характеризуется, прежде всего низким качеством готовых изделий, что объясняет высокую развариваемость, наличие нехарактерного цвета и повышенное содержание сухих веществ в отваре.

Другой проблемой при использовании муки на основе мягких сортов пшеницы является уменьшенное содержание количества питательных веществ и большое количество крахмала, по сравнению с твердыми сортами пшеницы, что значительно повышает гликемический индекс такой лапши.

Белковый состав макаронных изделий представлен лимитирующими аминокислотами: лизин (44 %) и треонин (75 %), низким витаминным и минеральным составом. Что же касается витаминов, то макаронные изделия на основе муки из мягких сортов пшеницы не богаты витаминами В6, В2, РР или полностью отсутствуют витамины А, бета-каротин, D, С, В1, чего нельзя сказать о макаронах из твердых сортов пшеницы. Поэтому обогащение макарон и лапши растительными добавками и, как следствие, увеличение их функциональности является актуальной задачей. Диапазон изменения состава порошков тыквы сорт «Мичуринская» лежит в пределах 3-10 %, порошка моркови сорта «Московская зимняя», свеклы сорта «Бона», в таком же



Рис. 2. Образцы лапши из порошка тыквы сорта «Мичуринская»

диапазоне. Кроме функциональности на качество макарон и лапши влияют органолептические показатели.

На рисунке 2 изображён готовый вид лапши по рецепту авторов с добавлением порошка тыквы сорта «Мичуринская», на рисунке 3 - порошок тыквы сорта «Мичуринская».

Новыми модифицированными вспомогательными технологиями явились двухступенчатая конвективная вакуум - импульсная (ДКВИ) сушка и вакуум-импульсная экстракция, осуществляемые при пониженных температурах, исключающих денатурацию биоактивных веществ. [9]

Установка ДКВИ сушки состоит из конвективной сушилки и конвективного вакуум - импульсного шкафа. Конвективная сушилка представлена сушилкой со стационарным слоем лоткового типа, в которой осуществляется первый этап - это удаление влаги с поверхности при постоянной температуре высушиваемого сырья. В конвективном вакуум - импульсном шкафу осуществляется второй этап сушки — это удаление влаги, находящейся во внутренних слоях продукта. Данный процесс осуществляется путем чередования вакуумных импульсов, способствующих, за счет перепада давления, движению влаги к границе раздела двух сред, и конвекции для устранения образовавшейся поверхностной влаги. Чередование таких методов позволяет осуществить равномерный отбор влаги у продукта, и, следовательно, сократить время сушки при температурах, исключающих денатурацию биоактивных веществ. Экстрагирование проводилось при помощи вакуумной экстрактно - выпарной установки. Стоит отметить, что существует зависимость по времени экстрагирования от величины гидромодуля, который выражается как отношение твердой фракции к жидкой. Увеличение количества сырья при неизменном объёме экстрагента увеличивает время экстрагирования при постоянной температуре, что объясняется появлением равновесной концентрации. Получение экстракта шелухи чеснока на универсальной вакуумной экстрактно - выпарной установке происходит следующим образом. В загрузочную камеру экстрактора помещается высушенная шелуха чеснока, происходит импульсное воздействие вакуумом продолжительностью 0,1 - 0,3 секунды. После чего заливается экстрагент,



Рис.3. Порошок тыквы сорта «Мичуринская»

например, дистиллированная вода, причем предварительно подогретая до температуры 50°C. В течение всего эксперимента поддерживается давление разряжения 15-17 кПа и температура в интервале 53 - 55°C. Для определения в экстракте содержания сухих растворимых веществ периодически в нем отбирается проба рефрактометрическим способом. Рефрактометрия можно проводить на лабораторном рефрактометре ИРФ-454 Б2М, откалиброванном по стандартным растворам. Для выявления более достоверных данных на каждом режиме необходимо провести три опыта. Данной методикой необходимо экстрагировать чеснок и черноплодную рябину. Наиболее оптимальными гидромодулями являются для чеснока и его шелухи  $\Gamma=1:50$ , для черноплодной рябины  $\Gamma=1:100$ . [10]

Один из наиболее интересных рецептов лапши включает добавки порошка черноплодной рябины или крупноплодной красной рябины, после чего лапша обогащается широким спектром полезных веществ. Если добавить порошок из черноплодной рябины, то лапша будет богата витаминами: В1, В2, В6, С, Е, Р, бета-каротином. И минералами: бор, железо, марганец, фтор, медь, молибден. При добавлении порошка крупноплодной красной рябины выйдут витамины: А, В, С, Е, РР. Минералы: калий, магний, натрий, медь, фосфор, кальций, цинк, марганец.

В чесноке содержатся такие витамины как: В1, В2, В3, В5, В6, В9 и С. И, разумеется, минералы: железо, марганец, цинк, натрий, кальций, фосфор, селен, магний и калий. Мы предлагаем использовать вместо чеснока его шелуху, как было сказано в начале это выгодно. В шелухе чеснока практически аналогичная польза. Кроме того, она отлично выводит токсины и лишние соли из организма. Также шелухе свойственно снижать уровень холестерина и тем самым укреплять сердечно – сосудистую систему, улучшать внешний вид кожного покрова, и как у рябины, это ещё профилактика диабета. [11]

Оптимальные рецептуры лапши определялись при варьировании порошков от 3 до 13,5% от массы муки пшеничной, муку нута добавляли в количестве 3% от массы муки пшеничной. Исследование рецептов проводилось по органолептическим, функциональным свойствам при варьировании порошка каждые 3-5%. По органолептическим свойствам, а главное антиоксидантной активности рациональными рецептами является следующие.

Рецепт № 1: мука из твердого высшего сорта пшеницы, порошок тыквы сорта «Мичуринская» - 10 % масс., мука нута - 3 % масс., водный

экстракт черноплодной рябины сорта «Мулатка» - 50 г. ( $\Gamma = 1:100$ ), Соль – 1,5 г. Антиоксидантная ценность данного образца 78,82 мг/100 г.

Рецепт № 2: мука из мягкой пшеницы высшего сорта, порошок тыквы сорта «Мичуринская» - 10% масс., мука нута - 3% масс., водный экстракт чеснока сорта «Юбилейный грибовский» - 50 г., ( $\Gamma = 1:50$ ), Соль - 1,5 г. Антиоксидантная ценность данного образца 83,07 мг/100 г.

Рецепт № 3: мука из мягкой пшеницы высшего сорта, порошок тыквы сорта «Мичуринская» - 10 % масс.; мука нута – 3% масс; водный экстракт шелухи чеснока сорта «Юбилейный грибовский» - 5 г. ( $\Gamma = 1:50$ ), соль - 1,5 г. Антиоксидантная ценность данного образца 77,08 мг/100 г.

## Выводы

В результате анализа предложены рецепты лапша и макарон из муки мягких и твердых сортов пшеницы на основе водного экстракта черноплодной рябины сорта «Мулатка», шелухи чеснока сорта «Юбилейный грибовский», порошков тыквы сорта «Мичуринская», моркови сорта «Московская зимняя», красной свеклы сорта «Бона» полученных путем разработанных технологий: двухступенчатой конвективной вакуум - импульсной сушки и вакуумной - экстракции. Использование двухступенчатой конвективной вакуум - импульсной сушки позволило сохранить ценные биологически активные вещества в порошках растительных материалов и получить влажность 8% менее чем за 1,5 часа при температуре сушки не более 550С. Последующая универсальная вакуумная экстракция позволяет также получить экстракты высокого качества с сохранением биологически активных веществ и заданной концентрации (гидромодуль 1:40, 1:50).

Таким образом лапша является функциональным продуктом. В результате экспериментального анализа выявлены три рецепта лапши с максимальным содержанием АОА. Это рецепт № 1 на основе высшего сорта твердой пшеницы с добавлением порошка тыквы сорта «Мичуринская», мука нута, экстракт черной рябины сорта «Мулатка», соль. Рецепт № 2 на основе высшего сорта мягкой пшеницы с добавлением водного экстракта чеснока сорта «Юбилейный грибовский», порошок тыквы сорта «Мичуринская», мука нута, соль. И рецепт № 3 на основе высшего сорта мягкой пшеницы с добавлением водного экстракта шелухи чеснока сорта «Юбилейный грибовский», порошок тыквы сорта «Мичуринская», соль.

## Литература

- [1] Патент РФ №2548230, 20.04.2015 Родионов Ю.В., Никитин Д.В., Зорин А.С., Щегольков А.В., Дмитриев В.М., Ларионова Е.П. Энергосберегающая двухступенчатая сушильная

## References

- [1] Patent RF No. 2548230, April 20, 2015 Rodionov Yu.V., Nikitin D.V., Zorin A.S., Shchegolkov A.V., Dmitriev V.M., Larionova E.P. Energy-saving two-

- установка для растительных материалов// Патент РФ №2548230.2013. Бюл.11.
- [2] Полная энциклопедия «Витамины и минеральные вещества», ЗАО «ВЕСЬ» Санкт-Петербург 2000, Емельянова Т.П.
- [3] Научная статья «Разработка функциональных макаронных изделий из мягких сортов пшеницы Центрального черноземного района на базе водного экстракта чеснока» Иванова И.В., Родионов Ю.В., Акимов М.Ю., Гуськов А.А., Кольцов В.А., Никитин Д.В., Мочалин Н.Н.
- [4] Макароны функционального назначения. Мелешкина Л.Н., Снегирева А.В., Червякова Н.В. Ползуновский вестник 2021 №4. С. 52-59
- [5] Лежина Е.А. Технология мучных изделий из юездрожжевого теста с овощными добавками: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16/ Лежнева Елена Александровна. – Москва, 1988. – 158 с.
- [6] Перфилова О.В. Переработка вторичного фруктово-овощного сырья с использованием электрофизических методов: расширение ресурсного потенциала и ассортимента продуктов повышенной пищевой ценности, разработка инновационных технологических решений: автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства. Воронеж, 2019. 39 с.
- [7] Родионов, Ю.В. Совершенствование теоретических методов расчета и обоснования параметров и режимов жидкостнокольцевых вакуумных насосов с учетом особенностей технологических процессов в АПК: дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01 / Родионов Юрий Викторович. – Тамбов, 2013. – 434 с.
- [8] Попова, И.В. Совершенствование технологии и средств сушки овощного сырья: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01: защищена 12.12.2009: утв. 02.04.2010 / Попова Ирина Викторовна. – Тамбов, 2009. – 161 с.
- [9] Патент РФ №2548230, 20.04. 2015. Родионов Ю.В., Никитин Д.В., Зорин А.С., Щегольков А.В., Дмитриев В.М., Ларионова Е.П. Энергосберегающая двухступенчатая сушильная установка для растительных материалов// Патент РФ №2548230.2013. Бюл.11
- [10] Технологическая линия по производству экстрактов из растительного сырья. Гуськов А.А., Родионов Ю.В., Анохин С.А., Елизаров И.А., Назаров В.Н., Никитин Д.В. Аграрный научный журнал. 2019. №2. С. 82-85
- [11] Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В. А. Тутельяна. - X46 М.: ДеЛи принт, 2002. - 236 с.
- stage drying plant for plant materials// RF Patent No. 2548230.2013. Bull.11.
- [2] Complete Encyclopedia «Vitamins and Minerals», CJSC «VES» St. Petersburg 2000, Emelyanova T.P.
- [3] Scientific article «Development of functional pasta from soft wheat varieties of the Central Chernozem region based on an aqueous extract of garlic» Ivanova I.V., Rodionov Yu.V., Akimov M.Yu., Guskov A.A., Koltsov V.A. , Nikitin D.V., Mochalin N.N.
- [4] Functional pasta. Meleshkina L.E., Snegireva A.V., Chervyakova N.V. Polzunovskiy Bulletin 2021 No. 4. pp.52-59.
- [5] Lezhina, E.A. Technology of flour products from yeast-free dough with vegetable additives: dis...
- [6] Perfilova O.V. Processing of secondary fruit and vegetable raw materials using electrophysical methods: expanding the resource potential and the range of products of increased nutritional value, developing innovative technological solutions: abstract for the degree of Doctor of Technical Sciences: 05.18.01 - Technology for processing, storing and processing cereals, legumes, cereal products, fruits and vegetables and viticulture. Voronezh, 2019. 39 p.
- [7] Rodionov Yu.V. Improvement of theoretical methods for calculating and substantiating the parameters and modes of liquid ring vacuum pumps, taking into account the features of technological processes in the agro-industrial complex: dis. ... doc. tech. Sciences: 05.20.01 / Rodionov Yuri Viktorovich. - Tambov, 2013. - 434 p.
- [8] Popova, I.V. Improving the technology and means of drying vegetable raw materials: dis. ... cand. tech. Sciences: 05.20.01: defended 12.12.2009: approved. 04/02/2010 / Popova Irina Viktorovna. - Tambov, 2009. - 161 p.
- [9] RF patent No. 2548230, 20.04. 2015. Rodionov Yu.V., Nikitin D.V., Zorin A.S., Shchegolkov A.V., Dmitriev V.M., Larionova E.P. Energy-saving two-stage drying plant for plant materials// RF Patent No. 2548230.2013. Bull.11
- [10] Technological line for the production of extracts from plant materials. Guskov A.A., Rodionov Yu.V., Anokhin S.A., Elizarov I.A., Nazarov V.N., Nikitin D.V. Agrarian scientific journal. 2019. No. 2. S. 82-85.
- [11] Chemical composition of Russian food products: Handbook / Ed. corresponding member MAI, prof. I. M. Skurikhin and Academician of the Russian Academy of Medical Sciences, prof. V. A. Tutelyan. - X46 M.: DeLi print, 2002. – 236 p.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Родионов Юрий Викторович</b>                  доктор технических наук                  профессор кафедры «Механика и инженерная графика»                  ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»                  392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112  <b>Тел.:</b> +7(920) 478-04-91  <b>E-mail:</b> rodionow.u.w@rambler.ru</p>	<p><b>Rodionov Yuri Viktorovich</b>                  D.Sc. in Technical Sciences                  professor at the department of «Mechanics and engineering graphics»                  Tambov State Technical University  <b>Phone:</b> +7(920) 478-04-91  <b>E-mail:</b> rodionow.u.w@rambler.ru</p>
<p><b>Зайцев Денис Алексеевич</b>                  бакалавр «Техника и технологии производства нанопродуктов»                  ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»                  392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112  <b>Тел.:</b> +7(953) 701-20-12  <b>E-mail:</b> dizill_327@mail.ru</p>	<p><b>Zaitsev Denis Alekseevich</b>                  bachelor «Equipment and technologies for the production of nanoproducts»                  Tambov State Technical University  <b>Phone:</b> +7(953) 701-20-12  <b>E-mail:</b> dizill_327@mail.ru</p>
<p><b>Рыбин Георгий Вячеславович</b>                  магистрант «Агроинженерия»                  ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»                  392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112  <b>Тел.:</b> +7(953) 122-01-46  <b>E-mail:</b> enot1237@gmail.com</p>	<p><b>Rybin Georgy Vyacheslavovich</b>                  undergraduate «Agroengineering»                  Tambov State Technical University  <b>Phone:</b> +7(953) 122-01-46  <b>E-mail:</b> enot1237@gmail.com</p>
<p><b>Матвеев Дмитрий Александрович</b>                  аспирант кафедры «Технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства»                  ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»                  393760, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101  <b>Тел.:</b> +7(475) 263-04-59  <b>E-mail:</b> tmm-dm@mail.nnn.tstu.ru</p>	<p><b>Matveev Dmitry Aleksandrovich</b>                  postgraduate student of the department «Technologies for the production, storage and processing of crop products»                  Michurinsk State Agrarian University  <b>Phone:</b> +7(475) 263-04-59  <b>E-mail:</b> tmm-dm@mail.nnn.tstu.ru</p>
<p><b>Гливенкова Ольга Анатольевна</b>                  доцент кафедры «Иностранные языки и профессиональная коммуникация»                  ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»                  392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112  <b>Тел.:</b> +7(920) 478-04-92  <b>E-mail:</b> rodionow.u.w@rambler.ru</p>	<p><b>Glivenkova Olga Anatolyevna</b>                  associate professor at the department of «Foreign languages and professional communication»                  Tambov State Technical University  <b>Phone:</b> +7(920) 478-04-92  <b>E-mail:</b> rodionow.u.w@rambler.ru</p>

## Проектирование рецептур с помощью искусственного интеллекта

*Фролов Д.И., Сергеева М.А.*

**Аннотация.** В статье дан обзор современных средств проектирования рецептур с помощью искусственного интеллекта. Способность понимать, привлекать внимание и преобразовывать потребительские требования в химические и физические свойства конечного продукта остается одной из самых больших проблем в пищевой промышленности. В результате необходимы новые способы поддержки проектирования продуктов питания. Современные приложения в разработке пищевых продуктов с использованием искусственного интеллекта и машинного обучения, включая доступные ресурсы, а также их связь с концепцией обратного проектирования дают новые возможности для разработки новой концепции проектирования пищевых продуктов. Разработка и составление рецептов пищевых продуктов включают в себя сложные процессы, и при разработке подходов, основанных на генерации рецептур, необходимо учитывать множество проектных параметров. Большинство выявленных подходов основано на взаимосвязи между ингредиентами, а функциональным свойствам уделяется меньше внимания. Представление данных остается реальной проблемой и очень важным исследовательским пробелом на пути к созданию реальной и применимой концепции цифрового проектирования продуктов питания, а наиболее часто используются общие методы, основанные на глубоком обучении.

**Ключевые слова:** рецептура, проектирование, искусственный интеллект, нейросеть, функциональный продукт.

**Для цитирования:** Фролов Д.И., Сергеева М.А. Проектирование рецептур с помощью искусственного интеллекта // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 2. С. 37–43.

## Recipe design using artificial intelligence

*Frolov D.I., Sergeeva M.A.*

**Abstract.** The article provides an overview of modern recipe design tools using artificial intelligence. The ability to understand, capture attention and translate consumer requirements into the chemical and physical properties of the final product remains one of the biggest challenges in the food industry. As a result, new ways to support food design are needed. Modern applications in food development using artificial intelligence and machine learning, including available resources, and their relationship with the concept of reverse engineering, provide new opportunities for the development of a new concept in food design. Food product development and formulation involve complex processes, and many design parameters must be considered when developing formulation generation approaches. Most of the approaches identified are based on the relationships between ingredients, with less emphasis on functional properties. Data representation remains a real challenge and a very important research gap towards creating a feasible and applicable concept for digital food design, and the most commonly used general methods are those based on deep learning.

**Keywords:** recipe, design, artificial intelligence, neural network, functional product.

**For citation:** Frolov D.I., Sergeeva M.A. Recipe design using artificial intelligence. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 2. pp. 37–43. (In Russ.).

## Введение

Способность понимать, привлекать внимание и преобразовывать идеи потребителей в химические и физические параметры конечного продукта является самой большой проблемой в пищевой промышленности [1]. Инновации и обновление рецептов пищевых продуктов являются очень сложными процессами, включающими многофакторные процессы, использование нескольких ингредиентов и различных условий обработки [2].

Разработка потребительских товаров требует одновременного учета целей, ограничений и состава продуктов [3]. Традиционно идеи продукта концептуализируются на основе его функциональности, что приводит к получению подробной информации, используемой для определения спецификаций рецептов и использовании потенциального сырья со свойствами, которые максимизируют функциональность продукта [4]. Затем с учетом конструктивных ограничений выбирается набор производственных процессов. Этот подход имеет недостатки из-за стоимости экспериментов. Разница между ожидаемыми свойствами и свойствами, достигнутыми в изготовленном изделии, регулируется с помощью дополнительных итераций и повторений процесса проектирования для достижения оптимальной разработки рецептуры.

Обратное проектирование рецептур — это процесс, который начинается с желаемых функциональных возможностей и систематически сужает варианты для поиска оптимального материала для синтеза с заданными функциями [5].

Пищевые материалы имеют множество типов сложных структур, таких как эмульсии, гели, порошковые порошки и т. д. Характеристики пищевых материалов определяются физико-химическими свойствами составляющих их компонентов, а также их внутренней пространственной организацией (т. е. пищевой структурой). Следовательно, разра-

ботка пищевых продуктов также подвержена воздействию большого количества переменных, т. е. состава, структуры, свойств, применения, этапов приготовления, срока годности, что приводит к большому количеству возможностей. Сложное взаимодействие между всеми этими переменными делает разработку продуктов питания, основанную на фундаментальных законах, традиционном компьютерном моделировании и экспериментах, сложной задачей. В свою очередь доступность источников данных о продуктах питания становится все более доступной [6], и наука о пищевых материалах может извлечь выгоду по внедрению искусственного интеллекта (AI) для разработки рецептов продуктов питания.

Цель исследования - рассмотреть применение методов, основанных на искусственном интеллекте, в разработке рецептов пищевых продуктов и их потенциал для поддержки разработки новых пищевых продуктов.

Конечная цель разработки новых продуктов — удовлетворить требования, связанные с затратами, временем, качеством, безопасностью, сроком годности и потребностями потребителей. Следовательно, аналогичную методологию проектирования можно применять к различным продуктам, включая пищевые продукты [7]. Однако процесс проектирования сложен из-за большого количества факторов, влияющих на достижение оптимальной разработки при выполнении целевых требований.

Традиционные подходы к разработке продуктов питания основаны на рациональных основах проектирования, в которых используются методологии проб и ошибок. В результате эти подходы часто являются дорогостоящими как с точки зрения времени, так и с точки зрения затрат [7]. Структура рационального проектирования пищевых продуктов включает в себя несколько последовательных этапов, как показано на рисунке 1. Сначала определяется идея питания, а затем следует концептуаль-



Рис. 1. Иллюстрация принципов традиционной разработки продуктов

лизация для определения критериев оптимального продукта. Затем следует проверка идей, составление спецификаций разработки, а также оптимизация. Из-за итеративного характера этого подхода любой сбой на этапе может вернуть процесс проектирования на предыдущие этапы, что приведет к неопределенным итерациям до тех пор, пока не будут достигнуты желаемые функциональные возможности продукта. Иногда удача также может сыграть роль в процессе проектирования, особенно в подходах, где инициализация процесса проектирования имеет решающее значение для достижения оптимальных решений [8]. Более того, культура как разработчиков, так и потребителей является фактором, который может существенно повлиять и ограничить процесс разработки новых пищевых формул и продуктов.

Недавно были разработаны структуры обратного проектирования с целью полностью изменить традиционную парадигму процесса проектирования. Эти структуры начинаются с определения желаемых функциональных возможностей разрабатываемого продукта (исходные данные структуры обратного проектирования) и заканчиваются оптимальной структурой, которая максимизирует желаемые функциональные возможности вновь разработанного продукта (выходные данные структуры обратного проектирования) [9]. Эта концепция требует надежных стратегий моделирования для понимания сложных взаимосвязей между входными и выходными данными процесса проектирования. Из-за большого количества задействованных переменных проектирования эти стратегии моделирования часто выходят за рамки человеческих возможностей. По сравнению со структурой рационального традиционного проектирования, структура обратного проектирования может обеспечить лучшее понимание пространства проектирования и поддержать механизмы принятия решений. Это также позволяет использовать знания экспертов для направления процесса к оптимальному проектированию, особенно если количество проектных параметров очень велико. На рисунках 1 и 2 показаны различия между методологией рационального тра-

диционного проектирования и схемой обратного проектирования с точки зрения разработки и рецептуры пищевых продуктов.

Подходы на основе искусственного интеллекта, такие как алгоритмы машинного и глубокого обучения, являются надежными инструментами для понимания сложных закономерностей и взаимосвязей между входными и выходными данными в любом процессе проектирования при условии, что необходимые данные доступны. Эти алгоритмы можно использовать для поддержки методологии обратного проектирования при проектировании продуктов. Среду обратного проектирования в сочетании с алгоритмами глубокого обучения можно упростить до двух основных компонентов, как показано на рисунке 2: компоненты кодера и декодера. Кодер преобразует входные данные в числовое представление. Например, рецепт торта, включающий текст с ингредиентами, инструкцией и количеством, переводится в числовое представление. Набор этих числовых представлений образует «пространство разработки» (например, пространство разработки торта, включая числовое представление тысяч рецептов тортов). Декодер переводит это числовое представление в формат, аналогичный входным, например, в рецепт. Основная идея заключается в одновременной разработке (или обучении) кодера и декодера таким образом, чтобы новое пространство можно было использовать в качестве пространства проектирования, представляющего переменные проекта. Это можно использовать для обнаружения оптимальных или новых ресурсов, которые будут использоваться в качестве кандидатов для производства или изготовления.

### Обзор применения подходов на основе искусственного интеллекта в разработке продуктов питания

Включение подходов искусственного интеллекта в процесс проектирования пищевых продуктов может значительно ускорить этот процесс и создать более комплексное и новое пространство для разработки. Этого включения можно достичь с помощью методов



Рис. 2. Иллюстрация принципов обратного проектирования для проектирования и приготовления пищевых продуктов

исследования пространства проектирования, например прогнозирования свойств и функциональности продукта в процессе проектирования [10], или генеративных методов, которые изучают пространство разработки и генерируют новые продукты с желаемой функциональностью [11].

Уделяется внимание применению машинного обучения для помощи в оценке проектного пространства для определения оптимального состояния. Был предложен метод с гибридным моделированием, в котором пространство проектирования включало ингредиенты, количества и условия приготовления, извлеченные из рецептов шоколадного печенья. В их методологии проектирования использовалась модель машинного обучения для прогнозирования сенсорной оценки, предоставленной потребителями, на основе атрибутов в пространстве разработки [10]. Пространство разработки было исследовано с использованием генетического алгоритма, который определил комбинацию ингредиентов и условий приготовления, что максимизировало сенсорные оценки, прогнозируемые алгоритмом машинного обучения. Ограничения для генетического алгоритма определялись механическими моделями (например, степенью коричневого цвета печенья). Хотя этот подход обеспечивает связь между приготовлением пищи и восприятием ее потребителями, пространство проектирования ограничено исследуемыми условиями, и авторы предлагают, чтобы оптимальное решение, полученное с помощью алгоритма, было протестировано на потребителях, а ограничения при необходимости корректировались.

Другими исследователями было сформировано пространство разработки тридцатью шестью различными комбинациями источника йогурта и периода хранения. Каждая точка этого пространства была представлена 22 сенсорными атрибутами, оцененными группой экспертов. С помощью алгоритма машинного обучения стало возможным исследовать пространство разработки на основе сенсорных атрибутов и оценить предпочтительные комбинации и ключевые сенсорные атрибуты, определяющие этот выбор.

Аналогичным образом исследователи [12] объединили механистическое моделирование и машинное обучение для оптимизации толщины замороженных пищевых продуктов, пригодных для использования в микроволновой печи. Результаты показали, что подход, основанный на машинном обучении, обладает способностью и надежностью для получения оптимального значения толщины с повышенной эффективностью на 62,1% по сравнению с 45,9% при использовании традиционных подходов.

Еще одна исследуемая область — рекомендации новых рецептов на основе набора данных известных рецептов. Анализ сочетания продуктов питания и вкуса привлек внимание при разработке новых рецептов. Пространство разработки формируется ингредиентами из больших баз данных рецептов и вкусовыми соединениями, присутствующими в этих ингредиентах. Пространство разработки исследуется

путем оценки сходства рецептов на основе присутствия ароматических соединений в ингредиентах [13].

Например, исследователи предложили модель для прогнозирования совместного появления пищевых ингредиентов в рецептах и использовали ее для обнаружения новых сочетаний продуктов, которые можно было бы использовать в новых рецептах [14]. Та же исследовательская группа разработала более сложный подход (с использованием графической модели глубокого обучения) для представления пищевых ингредиентов и рекомендаций по сочетанию продуктов питания, который также включал информацию, связанную с наличием вкусоароматических соединений. В их подходе химические характеристики вкусовых соединений (в основном ароматических молекул) сочетаются с информацией об ингредиентах.

Ученые [15] исследовали разработку рецептов функциональных продуктов питания с учетом профиля питания ингредиентов. Новые рецепты предлагаются на основе сходства рецептов в пространстве разработки, но, в отличие от сочетания вкусов, этот подход включает питательные характеристики нескольких ингредиентов. Хотя сопоставление продуктов питания дает хорошее представление о том, какие ингредиенты можно комбинировать, этот подход не способен создать новые инструкции и процессы для рецепта и по-прежнему во многом зависит от человеческого взаимодействия при разработке рецепта.

Был исследован подход, который фиксирует взаимосвязь между ингредиентами и учитывает контекстную информацию, такую как инструкции по приготовлению [16]. В этом исследовании модель встраивания слов использовалась в качестве основной части методологии искусственного интеллекта для адаптации рецептов блюд для удовлетворения определенных требований, таких как адаптация рецептов невеганских блюд в веганские рецепты при сохранении функциональности рецептов.

Другой подход, используемый для создания пространства разработки, присутствующего в продуктах питания, основан на визуальных свойствах, полученных из изображений и видео. В последнее время этот подход привлек внимание исследователей для широкого спектра приложений, таких как интеллектуальная регистрация продуктов питания, поиск и исследование рецептов, а также представление рецептов блюд [17].

Подходы искусственного интеллекта, такие как алгоритмы машинного и глубокого обучения, представляют собой модели, управляемые данными, которые можно использовать для извлечения и изучения скрытых закономерностей и связей между входными и выходными данными для прогнозирования или представления данных. Таким образом, эти подходы можно использовать для изучения, создания и лучшего понимания пространства проектирования разрабатываемого продукта с целью автоматизации и ускорения процесса проектирования и открытия продуктов. В последнее время новые методологии проектирования, основанные на машинном обучении

и глубоком обучении, предлагаются в качестве надежной технологии, поддерживающей методологию обратного проектирования для проектирования и открытия материалов [18].

Подход обратного проектирования начинается с определения желаемых функций продукта и направлен на создание оптимального дизайна, который максимизирует эти функциональные возможности. Для достижения этой цели необходимы надежные стратегии моделирования для изучения, извлечения и понимания сложных взаимосвязей между входными и выходными данными процесса проектирования и открытия продуктов.

Для пищевых продуктов процессы проектирования и производства включают в себя несколько уровней сложности (например, феноменологические модели, оценка свойств пищевых продуктов, принятие потребителями), и необходимые данные не всегда легко получить. Подход, основанный на данных, можно использовать для решения проблемы сбора большого объема данных для удовлетворения одного из требований (т. е. размера набора данных) подходов на основе ИИ. Существует множество общедоступных ресурсов, связанных с разработкой пищевых продуктов, к которым можно получить автоматический доступ.

Рецепты еды — это общедоступные ресурсы, предоставляющие богатые источники информации для разработки основанных на искусственном интеллекте фреймворков для разработки продуктов питания. Информация в рецепте блюда может включать: 1) Визуальные свойства конечного продукта (например, фотографию блюда); 2) ингредиенты (включая количества и единицы); 3) поток операций как упорядоченный набор инструкций (включая процессы и зависимости между ингредиентами); 4) пищевая ценность; и 5) потребительские предпочтения и функциональные свойства (например, текстура продукта), представленные в отзывах и комментариях потребителей.

Общедоступные ресурсы — это неструктурированные данные, требующие обработки, чтобы их можно было использовать в среде проектирования на основе искусственного интеллекта. Например, комментарии потребителей являются очень важной информацией для оценки функциональных свойств продуктов, таких как вкусовые и текстурные свойства. Эта текстовая информация требует специальной предварительной обработки, чтобы быть информативной и пригодной для любой среды проектирования на основе искусственного интеллекта.

Инверсный дизайн с использованием подхода на основе искусственного интеллекта основан на данных и требует полных и репрезентативных наборов данных. Наиболее распространенным типом базы данных, общедоступной в Интернете, является база данных о составе пищевых продуктов. Базы данных о пищевых продуктах также были разработаны для более конкретных целей, например, в разделе «первые продукты питания» основное внимание уделяется

только детскому питанию, с указанием безопасности пищевых продуктов, рекомендаций по аллергии, рецептов и рекомендуемых вкусовых сочетаний.

Примеры общедоступных ресурсов, которые можно использовать в любых потенциальных средах проектирования, основанных на данных, для разработки и рецептуры продуктов питания: <https://foodb.ca>, <https://www.foodcomposition.co.nz>, <https://solidstarts.com/foods/>, <https://www.nutritionix.com/> и другие. В России это база данных «Химический состав пищевых продуктов, используемых в Российской Федерации» (ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»).

Веб-сайты с рецептами и кулинарией — еще один источник данных, к которому можно легко и свободно получить доступ. Эти веб-сайты часто предоставляют важную информацию, такую как списки ингредиентов и их количество, инструкции по приготовлению, профили питания, визуальную информацию, такую как изображения и видео, а также отзывы потребителей, такие как оценки и комментарии. С другой стороны, данные социальных сетей можно использовать для получения важных данных об условиях приготовления и обработки пищевых продуктов. На данный момент кулинарные каналы предоставляют подробную информацию о рецептах блюд, а также отзывы подписчиков. Этот пакет информации очень полезен для открытия новых рецептов блюд и идей, основанных на генеративных моделях.

## Выводы

Способность оценивать, понимать и воплощать требования потребителей в процессы, которые достигают химических и физических свойств, придающих пищевым продуктам желаемую функциональность, остается одной из самых больших проблем в пищевой промышленности. Разработка продуктов питания — одна из тех областей, которая может извлечь выгоду от применения проектирования рецептур, основанной на обратной разработке продуктов питания в сочетании с глубокими генеративными сетями.

В настоящее время растет число приложений, использующих стратегии, основанные на данных, в деятельности, связанной с разработкой продуктов питания. Большая часть исследований продуктов питания посвящена выявлению связи между ингредиентами при составлении рецептов. Меньше внимания уделялось процессу проектирования для достижения желаемых функциональных свойств. Наиболее часто используются методы, основанные на обработке естественного языка, включая подходы, основанные на моделях рекуррентных нейронных сетей.

Наличие больших объемов данных о пищевых продуктах, охватывающих широкий спектр характеристик на разных этапах производства продуктов питания, показывает, что доступность данных не является ограничивающим фактором для применения и развития обратного проектирования и глубо-

ких генеративных сетей для разработки продуктов питания. Перевод этих источников данных в числовое представление для моделирования с помощью глубоких генеративных сетей остается серьезной проблемой.

Несмотря на выявленные пробелы в знаниях, это исследование показывает ряд вспомогательных

возможностей для использования обратного проектирования, искусственного интеллекта и глубоких генеративных сетей при разработке процессов, которые связывают структуру пищи, сенсорные характеристики, обработку пищевых продуктов для улучшения благополучия населения.

## Литература

- [1] Taifouris M. et al. Challenges in the design of formulated products: multiscale process and product design // *Current Opinion in Chemical Engineering*. – 2020. – Т. 27. – С. 1-9.
- [2] Rytz A. et al. Using fractional factorial designs with mixture constraints to improve nutritional value and sensory properties of processed food // *Food Quality and Preference*. – 2017. – Т. 58. – С. 71-75.
- [3] Rivera Gil J. L. et al. Triggers for chemical product design: A systematic literature review // *AIChE Journal*. – 2022. – Т. 68. – №. 4. – С. e17563.
- [4] Ashby M. F., Shercliff H., Cebon D. *Materials: engineering, science, processing and design*. – Butterworth-Heinemann, 2018.
- [5] Moosavi S. M., Jablonka K. M., Smit B. The role of machine learning in the understanding and design of materials // *Journal of the American Chemical Society*. – 2020. – Т. 142. – №. 48. – С. 20273-20287.
- [6] Min W. et al. Applications of knowledge graphs for food science and industry // *Patterns*. – 2022. – Т. 3. – №. 5.
- [7] Aguilera J. M. Rational food design and food microstructure // *Trends in Food Science & Technology*. – 2022. – Т. 122. – С. 256-264.
- [8] Moskowitz H. R., Porretta S., Silcher M. *Concept research in food product design and development*. – John Wiley & Sons, 2008.
- [9] Deng W. et al. Long short-term memory neural network for directly inverse design of nanofin metasurface // *Optics Letters*. – 2022. – Т. 47. – №. 13. – С. 3239-3242.
- [10] Zhang X. et al. Food product design: a hybrid machine learning and mechanistic modeling approach // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. – 2019. – Т. 58. – №. 36. – С. 16743-16752.
- [11] Bai Y., Rong C., Zhang X. Food Pairing Based on Generative Adversarial Networks // *Big Data: 8th CCF Conference, BigData 2020, Chongqing, China, October 22–24, 2020, Revised Selected Papers 8*. – Springer Singapore, 2021. – С. 148-164.
- [12] Yang R., Wang Z., Chen J. An integrated approach of mechanistic-modeling and machine-learning for thickness optimization of frozen microwaveable foods // *Foods*. – 2021. – Т. 10. – №. 4. – С. 763.
- [13] Pecune F., Callebert L., Marsella S. A Recommender System for Healthy and Personalized Recipes Recommendations // *HealthRecSys@ RecSys*. – 2020. – С. 15-20.

## References

- [1] Taifouris M. et al. Challenges in the design of formulated products: multiscale process and product design // *Current Opinion in Chemical Engineering*. – 2020. – Т. 27. – P. 1-9.
- [2] Rytz A. et al. Using fractional factorial designs with mixture constraints to improve nutritional value and sensory properties of processed food // *Food Quality and Preference*. – 2017. – Т. 58. – P. 71-75.
- [3] Rivera Gil J. L. et al. Triggers for chemical product design: A systematic literature review // *AIChE Journal*. – 2022. – Т. 68. – No. 4. – P. e17563.
- [4] Ashby M. F., Shercliff H., Cebon D. *Materials: engineering, science, processing and design*. – Butterworth-Heinemann, 2018.
- [5] Moosavi S. M., Jablonka K. M., Smit B. The role of machine learning in the understanding and design of materials // *Journal of the American Chemical Society*. – 2020. – Т. 142. – No. 48. – pp. 20273-20287.
- [6] Min W. et al. Applications of knowledge graphs for food science and industry // *Patterns*. – 2022. – Т. 3. – No. 5.
- [7] Aguilera J. M. Rational food design and food microstructure // *Trends in Food Science & Technology*. – 2022. – Т. 122. – P. 256-264.
- [8] Moskowitz H. R., Porretta S., Silcher M. *Concept research in food product design and development*. – John Wiley & Sons, 2008.
- [9] Deng W. et al. Long short-term memory neural network for directly inverse design of nanofin metasurface // *Optics Letters*. – 2022. – Т. 47. – No. 13. – pp. 3239-3242.
- [10] Zhang X. et al. Food product design: a hybrid machine learning and mechanistic modeling approach // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. – 2019. – Т. 58. – No. 36. – pp. 16743-16752.
- [11] Bai Y., Rong C., Zhang X. Food Pairing Based on Generative Adversarial Networks // *Big Data: 8th CCF Conference, BigData 2020, Chongqing, China, October 22–24, 2020, Revised Selected Papers 8*. – Springer Singapore, 2021. – pp. 148-164.
- [12] Yang R., Wang Z., Chen J. An integrated approach of mechanistic-modeling and machine-learning for thickness optimization of frozen microwaveable foods // *Foods*. – 2021. – Т. 10. – No. 4. – P. 763.
- [13] Pecune F., Callebert L., Marsella S. A Recommender System for Healthy and Personalized Recipes Recommendations // *HealthRecSys@ RecSys*. – 2020. – pp. 15-20.

- [14] Park D. et al. FlavorGraph: a large-scale food-chemical graph for generating food representations and recommending food pairings //Scientific reports. – 2021. – Т. 11. – №. 1. – С. 931.
- [15] Lei Z. et al. Composing recipes based on nutrients in food in a machine learning context // Neurocomputing. – 2020. – Т. 415. – С. 382-396.
- [16] Morales-Garzón A., Gómez-Romero J., Martin-Bautista M. J. A word embedding-based method for unsupervised adaptation of cooking recipes //IEEE Access. – 2021. – Т. 9. – С. 27389-27404.
- [17] Sahoo D. et al. FoodAI: Food image recognition via deep learning for smart food logging //Proceedings of the 25th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining. – 2019. – С. 2260-2268.
- [18] Chen C. T., Gu G. X. Generative deep neural networks for inverse materials design using backpropagation and active learning //Advanced Science. – 2020. – Т. 7. – №. 5. – С. 1902607.
- [14] Park D. et al. FlavorGraph: a large-scale food-chemical graph for generating food representations and recommending food pairings //Scientific reports. – 2021. – Т. 11. – No. 1. – P. 931.
- [15] Lei Z. et al. Composing recipes based on nutrients in food in a machine learning context // Neurocomputing. – 2020. – Т. 415. – P. 382-396.
- [16] Morales-Garzón A., Gómez-Romero J., Martin-Bautista M. J. A word embedding-based method for unsupervised adaptation of cooking recipes //IEEE Access. – 2021. – Т. 9. – P. 27389-27404.
- [17] Sahoo D. et al. FoodAI: Food image recognition via deep learning for smart food logging //Proceedings of the 25th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining. – 2019. – pp. 2260-2268.
- [18] Chen C. T., Gu G. X. Generative deep neural networks for inverse materials design using backpropagation and active learning //Advanced Science. – 2020. – Т. 7. – No. 5. – P. 1902607.

## Сведения об авторах

## Information about the authors

<p><b>Фролов Дмитрий Иванович</b> кандидат технических наук заведующий кафедры «Организация технологических процессов и сервисного обслуживания» ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет)» 109004, г. Москва, ул. Земляной Вал, 73 <b>Тел.:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>	<p><b>Frolov Dmitriy Ivanovich</b> PhD in Technical Sciences Head of department of «Organization of Technological Processes and Service Maintenance» Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (First Cossack University) <b>Phone:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>
<p><b>Сергеева Мария Алексеевна</b> Преподаватель СПО ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет)» 109004, г. Москва, ул. Земляной Вал, 73 <b>Тел.:</b> +7(963) 102-73-74</p>	<p><b>Sergeeva Maria Alekseevna</b> teacher of secondary vocational education Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (First Cossack University) <b>Phone:</b> +7(963) 102-73-74</p>

## Технологии безопасной консервации продуктов животного происхождения

*Юрна Д.А., Фролов Д.И.*

**Аннотация.** Анализ потребительских предпочтений на рынке продуктов питания показывает, что органолептические свойства и полезность для здоровья играют ключевую роль среди критериев, влияющих на выбор продуктов питания. Хотя удовлетворенность потребителей по-прежнему ограничена экономическими ограничениями, качество и безопасность продуктов питания, особенно животного происхождения, представляют собой факторы большой важности. С одной стороны, аспекты безопасности стали особенно значимыми из-за растущего спроса на натуральные, неизмененные, минимально обработанные пищевые продукты, например, только охлажденные, или, с другой стороны, из-за спроса на полуфабрикаты, демонстрирующие желаемое качество и долговечность. Что касается сохранения продуктов животного происхождения, таких как мясо, птица, рыба, молоко или яйца, основные интересы сосредоточены на использовании новых физических методов, в том числе высокого давления, ультразвука, импульсных электрических полей высокого напряжения, электромагнитного излучения, ультрафиолетового света, импульсного света, ионизирующего излучения или радиоволн. Новые комбинированные методы консервирования пищевых продуктов, основанные на так называемой барьерной технологии, уже предложены для практического использования. В статье представлено краткое изложение инновационных методов консервирования продуктов животного происхождения с точки зрения их безопасности. Авторы подчеркивают разнообразие новых доступных методов консервирования пищевых продуктов, иллюстрируя их эффективность результатами ряда исследований.

**Ключевые слова:** консервация, пищевые продукты, животные продукты, безопасность, способы, охлаждение.

**Для цитирования:** Юрна Д.А., Фролов Д.И. Технологии безопасной консервации продуктов животного происхождения // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 2. С. 44–51.

## Technologies for safe preservation of animal products

*Yurna D.A., Frolov D.I.*

**Abstract.** Analysis of consumer preferences in the food market shows that organoleptic properties and health benefits play a key role among the criteria influencing the choice of food products. Although consumer satisfaction is still limited by economic constraints, the quality and safety of food, especially of animal origin, are factors of great importance. On the one hand, safety aspects have become particularly important due to the growing demand for natural, unaltered, minimally processed food products, for example chilled only, or, on the other hand, due to the demand for semi-finished products that demonstrate the desired quality and durability. With regard to the preservation of animal products such as meat, poultry, fish, milk or eggs, major interests are focused on the use of new physical methods, including high pressure, ultrasound, high voltage pulsed electric fields, electromagnetic radiation, ultraviolet light, pulsed light, ionizing radiation or radio waves. New combined methods of food preservation, based on the so-called barrier technology, have already been proposed for practical use. The article provides a short of innovative methods for preserving animal products from the point of view of their safety. The authors highlight the variety of new food preservation methods available, illustrating their effectiveness with the results of a number of studies.

**Keywords:** preservation, food products, animal products, safety, methods, cooling.

**For citation:** Yurna D.A., Frolov D.I. Technologies for safe preservation of animal products. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 2. pp. 44–51. (In Russ.).

## Введение

В настоящее время одним из важнейших критериев является соответствие требованиям безопасности производимых продуктов питания, используемых потребителем при покупке продуктов питания. Хотя удовлетворение спроса потребителей на продовольствие по-прежнему зависит от давления экономических ограничений, критерии выбора продуктов питания, в том числе животного происхождения, основаны на таких характеристиках, как свежесть, сенсорные свойства и влияние на здоровье.

Анализ рынка продуктов питания за последние годы свидетельствует о динамичном росте интереса к продуктам, характеризующимся не только высоким качеством и новизной, но в то же время возможно удобными для легкого приготовления в домашних условиях. Растущий спрос на продукцию, относящуюся к так называемым полуфабрикатам, то есть к продуктам высокой степени обработки, позволяющим оперативно готовить блюда, побуждает как производителей, так и операторов розничной торговли постоянно внедрять новые технологии, новые виды и способы упаковки, а также методы маркетинга и распространения. Это также является причиной проведения исследований и разработок, требующих активного привлечения специалистов в области пищевой науки.

В связи с возможностью возникновения пищевых отравлений, связанных с производством и распространением пищевых продуктов, особое внимание уделяется профилактике рисков, связанных с биологическим загрязнением, в том числе микробиологическим, а также химическим и физическим. Статистический анализ, проведенный на основе эпидемиологических исследований, убедительно показывает, что среди патогенных факторов, индуцирующих пищевые отравления, первое место занимают микроорганизмы. Микробиологическая опасность пищевых продуктов обусловлена как потенциальным присутствием в них болезнетворных бактерий, плесени и вирусов, так и токсинов, вырабатываемых микроорганизмами.

Альтернативные технологии консервирования и переработки пищевых продуктов разрабатываются во многом как реакция на требования потребителей [1]. Сегодняшняя потребность в пище, которая не только более удобна в употреблении, но и более здоровая с точки зрения питания, более свежая, более натуральная (минимально обработанная), менее консервированная (с низким содержанием кислот, соли, сахара) и менее зависимая от добавок консервантов (сульфита, нитрита, бензоата, сорбата). Следствием этих тенденций является концепция «минимальной обработки», описывающая подходы к безопасности и сохранению пищевых продуктов, направленные на сохранение натуральных и свежих свойств пищевых продуктов. К сожалению, потребитель может быть более или менее непосредствен-

но подвержен опасности, связанной с зараженными продуктами, часто пищевыми продуктами животного происхождения [2].

Поэтому помимо уже существующих традиционных технологий консервирования пищевых продуктов растет интерес к нетепловым процессам, таким как высокое давление, импульсные электрические поля, ультразвук высокой интенсивности, осциллирующие магнитные поля, ультрафиолетовый свет и другие [3]. Инновационные технологии и передовые технологии предоставляют привлекательную альтернативу традиционным методам термической обработки, которые при отдельном применении часто могут вызывать нежелательные изменения в пищевых продуктах, нарушая баланс между высоким качеством и безопасностью [4]. Однако возможно, что путем объединения двух или более методов консервации можно достичь синергетического антимикробного эффекта вместе со снижением затрат энергии. Разумное применение сводит к минимуму влияние обработки на сенсорные и питательные свойства пищи. Аналогичным образом недавно были предложены комбинации различных нетермических технологий с органическими кислотами или природными антимикробными соединениями (бактериоцинами) для борьбы с микроорганизмами пищевого происхождения [5].

В исследовании представлена краткая презентация новых методов консервирования пищевых продуктов, особенно продуктов животного происхождения, с точки зрения их безопасности. Прежде всего, в статье рассматриваются различные литературные источники, а также представлены последние результаты. Что касается консервации продуктов животного происхождения, таких как мясо, птица, рыба или яйца, мы фокусируем свой интерес на антимикробной эффективности отдельных нетермических методов, используемых индивидуально или в сочетании с другими методами обработки.

## Обзор новых технологий безопасного сохранения пищевых продуктов

В последние годы исследователи приложили много усилий для поиска новых методов консервирования пищевых продуктов, сочетающих две цели: максимальную антимикробную эффективность и минимальные потери пищевой ценности и сенсорных свойств (вкуса и внешнего вида) [6]. Эта деятельность обусловлена, прежде всего, изменением поведения потребителей и тем, что на микробиологическую безопасность производимых в настоящее время пищевых продуктов влияют многочисленные факторы. Среди них упоминается, например, повышение адаптационной способности микроорганизмов. Развитие микроорганизмов в перерабатываемом сырье и готовой продукции в настоящее время можно ингибировать или ограничивать применением многочисленных методов (табл. 1), однако их применение на практике развито в

разной степени (во многих случаях они находятся на стадии исследований и разработок).

Термические процессы, такие как бланширование, пастеризация или термическая стерилизация, уже давно используются в пищевой промышленности как экономичные, эффективные, надежные и безопасные методы. Однако в большинстве случаев тепловая энергия вызывает различные химические реакции, результатом которых часто является потеря питательной ценности некоторых продуктов. Поэтому следует отдавать предпочтение альтернативным методам консервации пищевых продуктов, которые продлевают срок хранения без ухудшения качества. Новые новейшие технологии консервирования пищевых продуктов открывают такую возможность, поскольку они предлагают свежие продукты с минимальной обработкой и незначительной потерей цвета, вкуса и питательных веществ.

В контроле микробиологической опасности пищевых продуктов, в том числе животного происхождения, все большую роль играют также способы и типы упаковки. В этом отношении предлагается множество новых решений, улучшающих как стабильность, так и качество продукции, например, наполнение упаковки инертными газами  $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-O}_2$ , применение активной упаковки, в том числе покрытие продукции бактериостатическими пленками, применение веществ поглощающих влагу или кислород, а также интеллектуальная (индикаторная) упаковка, роль которой заключается в информировании потенциального покупателя о состоянии качества упакованного продукта.

*Методы повышения стабильности и безопасность мяса*

Микроорганизмы существуют в среде, в которой производят, обрабатывают, упаковывают и хранят мясо, птицу, рыбу и морепродукты. Применительно к мясу и большинству мясных продуктов, когда свежее мясо является особенно благоприятной средой для развития микроорганизмов, вопрос микробиологической безопасности и стабильности становится важнейшей технологической и организационной проблемой всего производственного цикла, начиная с процедур, связанных с убоем животных и обработкой туши до готового продукта.

Основной целью технологии переработки мяса является сохранение убойного сырья традиционными методами, такими как охлаждение, замораживание, сушка. Однако, несмотря на значительный опыт применения методов охлаждения, все еще исследуются новые потенциальные способы.

Традиционные технологии, внедряемые на практике, связанные с ограничением количества патогенных микроорганизмов на говяжьих тушах, такие как, например, обработка паром при давлении ниже атмосферного, окончательная промывка туши горячей водой и опрыскивание хлоратом, таким образом, дополняются новыми методами. Такие как, например, применение ионизирующего излучения или импульсного света.

Кроме того, микробиологическое состояние тушек птицы обусловлено соблюдением гигиенических норм на всех этапах производства, а особые опасности связаны с обращением с материалом при товарном убое птицы и охлаждении тушек. Подсчитано, что заражение микрофлорой всей тушки составляет 70% от носительства домашней птицы, а остальные 30% - перекрестное заражение на скотобойнях.

На неохлажденных тушах птицы *Listeria monocytogenes* обнаруживаются в 15-55% случаев, а *Campylobacter* – даже в 80% туш. Как было показано в исследованиях, весьма вероятно промышленное применение ультразвукового метода для инактивации микроорганизмов и ферментов в пищевых продуктах, в том числе в мясных продуктах, а также для повышения нежности и ускорения старения мяса.

Еще одним новым методом консервирования, рекомендуемым, для мясной промышленности, является так называемая «пастеризация», то есть обработка высоким давлением (ОВД). Данная технология, подвергает жидкие и твердые пищевые продукты, с упаковкой или без нее, воздействию давления в диапазоне 100–800 МПа. Температура процесса во время обработки давлением может быть указана 0°C до 100°C. Время воздействия может варьироваться от миллисекундного импульса до более 20 минут. Химические и микробиологические изменения в пищевых продуктах обычно зависят от температуры процесса и времени обработки. В целом, технология может инактивировать вегетативные микроорганизмы, дрожжи и плесень, тогда как бактериальные споры оказываются устойчивыми. Однако несколько исследований показали возможность уменьшения количества бактериальных спор за счет сочетания умеренного тепла.

Например, в результате исследований, проведенных на сырокопченой вырезке с применением высокого давления (500 МПа, 30 мин), не было обнаружено бактерий кишечной палочки или анаэробных спорообразующих бактерий. Было замечено, что примененная процедура не привела к эффективной защите филе от микробиологических изменений в течение 6-8 недель холодного хранения.

Мясные продукты могут подвергаться воздействию высокого давления (500-700 МПа) при упаковке, а с использованием концепции барьерной технологии этот метод можно комбинировать с другими, например, холодным хранением, пониженным pH и даже применение ионизирующего излучения или импульсного света. Будущими применениями в мясопереработке будут, например, обеззараживание натуральных оболочек и продление срока хранения некоторых переработанных мясных продуктов.

Обширные испытания различных видов мяса показали, что так называемая технология «импульсного света» может использоваться для увеличения

Таблица 1 - Традиционные и новые методы консервирования пищевых продуктов

Основные существующие технологии консервации пищевых продуктов	Новые новейшие технологии для консервирования пищевых продуктов
<b>Методы, которые замедляют или предотвращают рост микроорганизмов</b>	<b>Физические процессы</b>
Снижение температуры	Гамма- и электронно-лучевое облучение
Холодное хранение, замороженное хранение	Высоковольтные электрические градиентные импульсы
<b>Снижение активности воды</b>	Высокое гидростатическое давление
Сушка, консервация с добавлением соли, консервирование с добавлением сахара	Комбинированный ультразвук, тепло и давление («манотермозвуковая обработка»)
<b>Снижение pH</b>	Лазерные и некогерентные световые импульсы
Подкисление (например, использование уксусной, лимонной кислот и т. д.)	Импульсы сильного магнитного поля
Ферментация	<b>Натуральные добавки</b>
<b>Удаление O<sub>2</sub></b>	Противомикробные препараты животного происхождения
Упаковка в вакууме или в модифицированной атмосфере	Лизоцим
Упаковка в модифицированной атмосфере	Лактопероксидазная система
Замена воздуха на CO <sub>2</sub> - N <sub>2</sub> -O <sub>2</sub> в смеси	Лактоферрин, лактоферрицин
<b>Добавление консервантов</b>	Противомикробные препараты растительного происхождения
Неорганические (например, сульфит, нитрит) Органические (например, пропионат, сорбат, бензоат, парабены)	Экстракты трав и специй
Бактериоцин (например, низин)	Микробные продукты
Антимикотические средства (например, натамицин)	Нисин
<b>Контроль микроструктуры</b>	Педиоцин
В продуктах с водно-масляной эмульсией	Прочие бактериоцины и культуральные продукты
<b>Методы, инактивирующие микроорганизмы</b>	
Нагревание	
Пастеризация	
Стерилизация	
<b>Методы, ограничивающие доступ микроорганизмов к продукции.</b>	
Упаковка.	
Асептическая обработка	

срока годности и безопасности продукта. Импульсный свет производится с помощью инженерных технологий, многократно умножающих мощность. Спектр света для лечения импульсным светом включает длины волн от ультрафиолетового (УФ) до ближнего инфракрасного диапазона.

Было обнаружено, что существуют различия в чувствительности тест-культур, обработанных двумя разными источниками импульсного УФ-света. Уровни резистентности различались (и перечислены в порядке убывания резистентности): *L. monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis*, *E. coli*, *B. cereus*, *Saccharomyces cerevisiae* и *P. aeruginosa* (уровни устойчивости сопротивления между *S. aureus* и *S. enteritidis*, а также между *B. cereus* и *S. cerevisiae* существенно не различались на уровне  $p < 0,05$ ).

Несколько испытаний продемонстрировали микробную эффективность импульсного света на

говядине, продаваемой в розничной торговле. Импульсный свет неселективен при обработке мяса: все организмы, подвергающиеся воздействию света, погибают. В тесте с использованием куриных крылышек, погруженных в пул из трех штаммов сальмонеллы (15 минут), контаминация в образцах, инокулированных примерно в  $5 \log/\text{см}^2$  (высокий уровень) и  $2 \log/\text{см}^2$  (низкий уровень), аналогичным образом снизилась на  $\sim 2 \log/\text{см}^2$  после обработки импульсным светом.

Микробиологические опасности также являются наиболее важной причиной небезопасности рыбы и морепродуктов.

Существуют различные методы консервации рыбы и морепродуктов, в том числе пастеризация, охлаждение, термическая стерилизация, использование технологических вспомогательных средств и пищевых добавок, упаковка. Среди стран с наибольшей доступностью рыбы и морепродуктов,

синий краб, копченая рыба, мясо хвостов раков, продукты-аналоги и креветки являются теми видами морепродуктов, которым в последнее время уделяется наибольшее внимание в связи с использованием термической обработки умеренной температуры. обработка для продления срока хранения расфасованных морепродуктов в холодильнике. Будущие инновации могут включать дополнительные методы, такие как микроволновое излучение, омическое нагревание или, например, обработка озоном. Озон – сильный и высокореактивный противомикробный агент. Он был тщательно изучен на предмет его потенциального применения в пищевой промышленности для обеспечения безопасности пищевых продуктов, таких как мясо, птица, рыба, фрукты и овощи, сыр и многие другие. По литературным данным, озон испытывался также при обеззараживании инкубаториев, инкубационных яиц, охлажденной воды для птицы и тушек птицы.

Синергетическая инактивация ультразвуком, озоном и обработкой лимонной кислотой недавно использовалась как метод уменьшения количества *Vibrio vulnificus* в сырых устрицах. Эти организмы могут присутствовать в больших количествах в моллюсках, таких как устрицы, мидии и моллюски, при добыче этих моллюсков. Эта бактерия обычно передается человеку при проглатывании сырых устриц. Из всех болезней пищевого происхождения *V. vulnificus* является одним из самых серьезных: уровень смертности среди восприимчивых потребителей составляет 50%. Устрицы с цельной и полуоболочкой обрабатывались ультразвуком, озоном в 2% солевом растворе, озоном на воздухе и растворами лимонной кислоты в течение 10–30 минут. Для устриц с цельной раковинной эти методы лечения оказались неэффективными. Однако по сравнению с контролем у устриц с полуоболочкой, обработанных ультразвуком, озоном в 2% физиологическом растворе или 5% лимонной кислоте, *V. vulnificus* был на 1, 1,5 и 3 log меньше соответственно.

В последние годы возрос интерес к использованию бактериоцинов в качестве натуральных пищевых консервантов и антимикробных средств. Из широкого спектра бактериоцинов различных производителей большинство имеют потенциал для использования и в мясопереработке. Бактериоцины представляют собой биологически активные белки, обладающие противомикробной активностью в отношении широкого спектра видов бактерий, таких как лактобактерии, лейконостоциты, золотистый стафилококк и энтерококк. Практическое применение бактериоцинов будет затруднено несколькими аспектами. Во-первых, только в некоторых странах разрешено использование бактериоцинов в определенных продуктах. Во-вторых, стабильность и активность бактериоцинов в пищевых продуктах непредсказуемы (бактериоцины могут разрушаться протеазами или абсорбироваться компонентами пищевой матрицы). Наконец, было показано, что

устойчивость к бактериоцинам у *L. monocytogenes* возникает довольно легко.

Еще одним интересным примером природного консерванта является лизоцим – фермент, выделенный из яиц. Лизоцим демонстрирует противомикробную активность в отношении ограниченного спектра бактерий и грибов, однако его ферментативная активность может быть усилена некоторыми веществами, например ЭДТА или триполифосфатом. Установлено, что модифицированная форма лизоцима проявляет значительно более широкую бактериостатическую активность, в том числе в отношении грамотрицательных бактерий, чем нативный лизоцим.

В других исследованиях была показана высокая эффективность защитного действия лизоцима на такие обработанные мясные продукты, как сырокопченые и сосиски, а также обработанные рыбные продукты.

Лизоцим может найти интересное применение при нетермическом консервировании пищевых продуктов под высоким давлением. Инактивация грамотрицательных бактерий была исследована лизоцимом, денатурированным лизоцимом и пептидами, полученными из лизоцима, или синтетическим катионным пептидом, полученным из белка куриного яйца или лизоцима колифага под высоким гидростатическим давлением. Ни одно из этих соединений не оказало бактерицидного или бактериостатического действия ни на одну из тестируемых бактерий при атмосферном давлении. Под высоким давлением все бактерии, за исключением обоих видов *Salmonella*, показали более высокую инактивацию в присутствии 100 мг лизоцима/мл, чем без этой добавки, что указывает на сенсбилизацию бактерий к лизоциму под давлением.

#### *Повышение безопасности яиц с помощью ультрафиолета*

Постоянное увеличение производства яиц сопровождается ростом потребления во многих странах мира.

Яйца - это богатая питательными веществами пища, которая играет важную роль в рационе как отдельно, так и в качестве ингредиента в других продуктах. Однако с яйцами, как и с любым другим скоропортящимся продуктом, нужно обращаться осторожно. Микроорганизмы на яйцах, такие как *Salmonella enteritidis*, *S. typhimurium*, *E.coli* и другие, могут вызвать серьезные проблемы со здоровьем у людей. Поэтому для производителей птицы и переработчиков продуктов из птицы важно соблюдать строгие гигиенические стандарты для предотвращения перекрестного загрязнения. По некоторым оценкам, только 1 из 20 000 сырых яиц заражено *Salmonella enteritidis*.

Очистка путем промывания является распространенной практикой, используемой для улучшения микробного статуса яиц в скорлупе. Погружение в горячую воду или опрыскивание яиц водой, содержащей доступные дезинфицирующие и мо-

ющие средства, в настоящее время используются в пищевой промышленности. Для контроля или уничтожения *Salmonella enteritidis* в яйцах были разработаны термические и химические методы лечения. Однако эти методы отнимают много времени, неэкономичны и могут быть эффективными лишь частично. Другие известные методы обеззараживания включают использование следующих веществ: четвертичных аммониевых соединений, органических кислот, высокой температуры и высокого рН, гамма-облучения, коротковолнового ультрафиолетового света, микроволн и озона, используемых отдельно или в последнее время, в связи с концепцией препятствий, в комбинированное лечение.

Было доказано, что облучение некоторых пищевых продуктов коротковолновым ультрафиолетовым (УФ) светом эффективно подавляет рост микроорганизмов на поверхностях пищевых продуктов, уничтожает переносимые по воздуху микроорганизмы и стерилизует жидкости. В литературе также указывается, что УФ-свет эффективно снижает обсемененность яичной скорлупы аэробными бактериями, дрожжевыми и плесневыми грибами, а также *Salmonella typhimurium*.

*Консервирование корма для животных и инновационные методы упаковки*

Сохранение пищевых продуктов связано также с проблемой типов и технологий упаковки. Потребительский спрос на свежие продукты без консервантов и со здоровым внешним видом вызвал огромный рост рынка продуктов, упакованных в модифицированной атмосфере (МАР). Первоначально использовавшаяся для мясных продуктов премиум-класса, технология МАР в настоящее время применяется в мясной, рыбной, молочной, хлебобулочной и овощной отраслях и считается самой быстрорастущей технологией упаковки.

МАР – замена воздуха в пакете одним газом или смесью газов, где доля каждого компонента фиксируется при внесении смеси. Никакого дальнейшего контроля над первоначальным составом не

осуществляется, и состав газа, вероятно, будет меняться со временем из-за диффузии газов в продукт и из продукта, проникновения газов в упаковку и из нее, а также воздействия продукта и микробный метаболизм.

Нормальный состав воздуха - 21% кислорода, 78% азота и менее 0,1% углекислого газа. Было показано, что изменение атмосферы внутри упаковки за счет снижения содержания кислорода при одновременном повышении уровня углекислого газа или азота значительно продлевает срок хранения скоропортящихся продуктов при низких температурах. Рекомендуемые газовые смеси МАР представлены в таблице 2.

Было доказано, что упаковка в модифицированной атмосфере (МАР) рыбной продукции подавляет нормальную флору, вызывающую порчу, и значительно увеличивает срок хранения. Однако возможность того, что *Clostridium botulinum* типа E и непротейные штаммы типа B будут расти и продуцировать токсин в атмосфере с низким содержанием кислорода при пониженных температурах, вызвала большую обеспокоенность в исследованиях МАР морепродуктов.

Основная задача упаковки – побудить потенциального покупателя купить товар. Так называемая функциональная упаковка используется все чаще, поскольку она не только информирует потребителя, но и помогает ему, например, поддерживать качество упакованного продукта. Новые типы упаковки должны быть активными и интеллектуальными. Существенной разницей между традиционной и активной упаковкой является защита упакованного продукта. Барьер, который до сих пор обеспечивала упаковка, превратился в активный, что позволяет контролировать качество продукта, например, контролировать температуру во время приготовления в микроволновой печи для контроля продукта в процессе производства или хранения.

В активной упаковке используется упаковочный материал, который взаимодействует с внутренней газовой средой для продления срока хранения пищевого продукта. Такие новые технологии постоянно изменяют газовую среду (и могут взаимодействовать с поверхностью пищевых продуктов), удаляя газы из свободного пространства внутри упаковки или добавляя их в свободное пространство. Последние технологические инновации для контроля содержания определенных газов в упаковке включают использование химических поглотителей для поглощения газа или, альтернативно, других химикатов, которые могут выделять определенный газ при необходимости.

Одновременно с активной упаковкой была разработана так называемая интеллектуальная, т. е. индикаторная, упаковка. Интеллектуальная (диагностическая) упаковка включает в себя следующие различные технологии: (а) временные индикаторы температуры и временные температурные биосенсоры, (б) индикаторы порчи, которые все

Таблица 2 – Состав газа в упаковке пищевых продуктов в модифицированной атмосфере (МАР)

Продукт	Кислород (%)	Углекислый газ (%)	Азот (%)
Красное мясо	60-85	15-40	-
Вареное/соленое мясо	-	20-35	65-80
Птица	-	25	75
Рыба (белая)	30	40	30
Рыба (жирная)	-	60	40
Лосось	20	60	20
Твердый сыр	-	100	-
Мягкий сыр	-	30	70
Молочные торты	-	-	100

еще находятся на ранних стадиях разработки, и (с) индикаторы патогенов: специфичен для обнаружения одного типа возбудителя и все еще находится на ранней стадии развития.

Зонами особой микробиологической опасности при упаковке нарезанного мяса и мясных продуктов переработки являются, например, места снятия оболочек, размещения защитной пленки, а также во время порционирования и транспортировки продукта. Поэтому инновационные решения, связанные с упаковкой пищевых продуктов, включают также применение концепции чистой среды помещения.

### Выводы

Новой задачей для производства продуктов питания животного происхождения является создание комплексной системы, обеспечивающей безопасность пищевых продуктов для здоровья без потери желаемого качества. Внедрение эффективных, проверенных и обновленных систем является необходимой предпосылкой для производителя продуктов питания. Только после того, как это будет реализовано, можно рассматривать возможность применения методов продления срока годности, особенно для пищевых продуктов, которые были только охлаждены, для которых невозможно или возможно лишь в ограниченной степени применять процедуры, продлевающие их полезность (например, приготовление мяса, свежей охлажденной птицы, свежей рыбы, молока). Ввиду современного потребителя, который ищет полуфабрикаты, а также все чаще продукты с минимальной обработкой, по возможности сохраняющие свои природные свойства, необходимо применять другие методы консер-

вации. Среди новых методов консервации мясных продуктов и других пищевых продуктов животного происхождения следует упомянуть барьерную технологию и комбинированные методы, при которых возникает суммарный эффект от применения нескольких щадящих способов консервации пищевых продуктов, позволяющий сохранить естественные свойства агрибуты еды. Потенциал таких комбинированных методов варьируется. Особенно важным и эффективным методом поддержания стандартов безопасности и качества возможно неизменных пищевых продуктов является упаковочная система, облегчающая применение стерильной упаковки с дополнительным эффектом создаваемого вакуума или, что еще лучше, с атмосферой, модифицированной инертными газами. Упаковка нового поколения – это активные и интеллектуальные системы, которые, с одной стороны, облегчают воздействие на изменяющуюся атмосферу газа и водяного пара между упаковкой и поверхностью продукта, а с другой – позволяют провести однозначную оценку потребителем и получить информацию о состоянии качества упакованного продукта.

В настоящее время технологи могут использовать многочисленные способы консервирования пищевых продуктов, позволяющие производить продукты питания, не подвергающиеся термической обработке. Это физические методы, такие как высокое давление, энергия импульсного электрического поля, ультразвук, УФ и ионизирующее излучение, радиоволны. Новым решением в консервировании пищевых продуктов является применение бактериостатических веществ, вырабатываемых бактериями (бактериоцинов) или натуральных пищевых компонентов, с бактериостатическим действием, например лизоцим.

### Литература

- [1] Batiha G. E. S. et al. Application of natural antimicrobials in food preservation: Recent views // *Food Control*. 2021. Т. 126. С. 108066.
- [2] Ahmad A., Qurashi A., Sheehan D. Nano packaging–Progress and future perspectives for food safety, and sustainability // *Food Packaging and Shelf Life*. 2023. Т. 35. С. 100997.
- [3] Ghoshal G. Comprehensive review in pulsed electric field (PEF) in food preservation: Gaps in current studies for potential future research // *Heliyon*. 2023.
- [4] Ramesh T. et al. Application of ultraviolet light assisted titanium dioxide photocatalysis for food safety: A review // *Innovative food science & emerging technologies*. 2016. Т. 38. С. 105-115.
- [5] Priyanka S. et al. Biocompatible green technology principles for the fabrication of food packaging material with noteworthy mechanical and antimicrobial properties A sustainable developmental goal towards

### References

- [1] Batiha G. E. S. et al. Application of natural antimicrobials in food preservation: Recent views // *Food Control*. 2021. Т. 126. P. 108066.
- [2] Ahmad A., Qurashi A., Sheehan D. Nano packaging–Progress and future perspectives for food safety, and sustainability // *Food Packaging and Shelf Life*. 2023. Т. 35. P. 100997.
- [3] Ghoshal G. Comprehensive review in pulsed electric field (PEF) in food preservation: Gaps in current studies for potential future research // *Heliyon*. 2023.
- [4] Ramesh T. et al. Application of ultraviolet light assisted titanium dioxide photocatalysis for food safety: A review // *Innovative food science & emerging technologies*. 2016. Т. 38. pp. 105-115.
- [5] Priyanka S. et al. Biocompatible green technology principles for the fabrication of food packaging material with noteworthy mechanical and antimicrobial properties A sustainable developmental goal towards

the effective, safe food preservation strategy // Chemosphere. 2023. С. 139240.

- [6] Alnadari F. et al. A new natural drying method for food packaging and preservation using biopolymer-based dehydration film // Food Chemistry. 2023. Т. 404. С. 134689.

the effective, safe food preservation strategy // Chemosphere. 2023. P. 139240.

- [6] Alnadari F. et al. A new natural drying method for food packaging and preservation using biopolymer-based dehydration film // Food Chemistry. 2023. Т. 404. P. 134689.

#### Сведения об авторах

#### Information about the authors

<p><b>Юрна Диана Андреевна</b> студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p><b>Yurna Diana Andreevna</b> student of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>
<p><b>Фролов Дмитрий Иванович</b> кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>	<p><b>Frolov Dmitriy Ivanovich</b> PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>

# ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

## TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 631.363.285

### Анализ рабочего процесса энергоэффективного экструдера

*Курочкин А.А., Аширов Р.Р.*

**Аннотация.** Автогенные экструдеры характеризуются тем, что теплота, необходимая для воздействия на перерабатываемое сырье, генерируется непосредственно в тракте машины. Такой принцип работы предполагает относительно простую и надежную конструкцию экструдера, однако делает его крайне невыгодным с позиции энергосбережения, техническим средством. В работе предложена конструктивно-технологическая схема энергоэффективного экструдера, в котором для нагрева обрабатываемого сырья предлагается использовать индукционный нагреватель. В таком экструдере работоспособность отдельных блоков в сравнении с серийно выпускаемыми машинами, оценивается с других позиций. На основе анализа конструктивно-технологической схемы и структурной модели энергоэффективного экструдера обоснованы рекомендации по проектированию основных конструктивных параметров отдельных узлов, а также режимов его рабочего процесса.

**Ключевые слова:** сырье, энергоэффективный экструдер, схема, модель, узлы, блоки, расход, винтовой насос.

**Для цитирования:** Курочкин А.А., Аширов Р.Р. Анализ рабочего процесса энергоэффективного экструдера // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 2. С. 52–57.

### Analysis of the working process of an energy-efficient extruder

*Kurochkin A.A., Ashirov R.R.*

**Abstract.** Autogenous extruders are characterized by the fact that the heat required to affect the processed raw materials is generated directly in the machine path. This principle of operation assumes a relatively simple and reliable design of the extruder, however, it makes it extremely unprofitable from the point of view of energy saving, a technical means. The paper proposes a design and technological scheme of an energy-efficient extruder, in which it is proposed to use an induction heater to heat the processed raw materials. In such an extruder, the performance of individual blocks in comparison with mass-produced machines is evaluated from other positions. Based on the analysis of the design and technological scheme and the structural model of an energy-efficient extruder, recommendations for the design of the main design parameters of individual units, as well as the modes of its workflow, are substantiated.

**Keywords:** raw materials, energy-efficient extruder, diagram, model, nodes, blocks, flow rate, screw pump.

**For citation:** Kurochkin A.A., Ashirov R.R. Analysis of the working process of an energy-efficient extruder. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 2. pp. 52–57. (In Russ.).

## Введение

Экструзионная переработка сырья весьма распространена в сельскохозяйственном производстве и пищевых технологиях. Она реализуется с помощью устройств, в основе рабочего процесса которых лежит комбинированное механическое и тепловое воздействие на сырье с последующим его формованием. Эти устройства, объединенные общим названием «экструдеры», постоянно совершенствуются с целью устранения своего основного недостатка – высокой удельной энергоемкости технологического процесса. Особенно актуально это направление модернизации для автогенных экструдеров, в которых теплота, необходимая для воздействия на перерабатываемое сырье, генерируется непосредственно в тракте машины на крайне невыгодных с позиции энергосбережения условиях.

В последнее время появились описания экструдеров, в том числе – защищенных патентом, в которых делается попытка существенно снизить энергопотребление этого класса машин на основе отказа от преобразования механической энергии в тепловую с использованием сил сдвига и трения обрабатываемого сырья [3, 4, 6].

Цель исследований – анализ рабочего процесса модернизированного энергоэффективного экструдера на основе его конструктивно-технологической схемы и структурной модели.

Задачи исследований – разработка аналитических зависимостей для оценки работоспособности отдельных блоков модели энергоэффективного экструдера.

## Объекты и методы исследований

Объектом исследования являлась конструктивно-технологическая и структурной модели энергоэффективного экструдера.

В работе применялся аналитический метод исследований, основанный на системном подходе к рассматриваемой проблеме.

## Результаты и их обсуждение

Модернизированный энергоэффективный экструдер включает следующие узлы: приемный бункер (рис. 1), измельчающее устройство, винтовой насос, нагреватель, экструзионную головку и вакуумную камеру, оснащенную одноименной системой.

Приемный бункер 4 состоит из конусной загрузочной и цилиндрической рабочей частей. Нижняя цилиндрическая часть выполнена в виде двустенной конструкции, межстенное пространство 7 которой с помощью трубопроводов соединено с вакуумным насосом 3 и вакуумной камерой 12 экструдера. С внешней стороны она, так же как и трубопровод и вакуумная камера, покрыта теплоизоляционным материалом. Для слива конденсата из межстенного пространства бункера служит сливной кран 2.

В бункере расположено измельчающее устройство, включающее подающий шнек 5, решетку 17, крестообразный нож 18 и электродвигатель 6.

В передней части экструдера расположен винтовой насос, состоящий из металлического ротора 16 и статора 8 с эластичной обкладкой. В качестве привода насоса служит мотор-редуктор 1.

В срединной части экструдера находится нагревающее устройство, выполненное в виде стальной трубы 15, охваченной индуктором 14. С целью исключения налипания сырья на поверхность нагрева трубы, она обработана материалом с хорошими антифрикционными и теплопроводящими свойствами.

Свободный торец трубы упирается в фильеру матрицы 11, представляющую собой пластину с одним или несколькими отверстиями определенного диаметра.

Индуктор 14 изготовлен в виде нескольких витков изолированного медного провода, подключенного через систему автоматического управления к силовой сети.

Вакуумная камера оборудована шлюзовым затвором и в своей верхней части подключена к

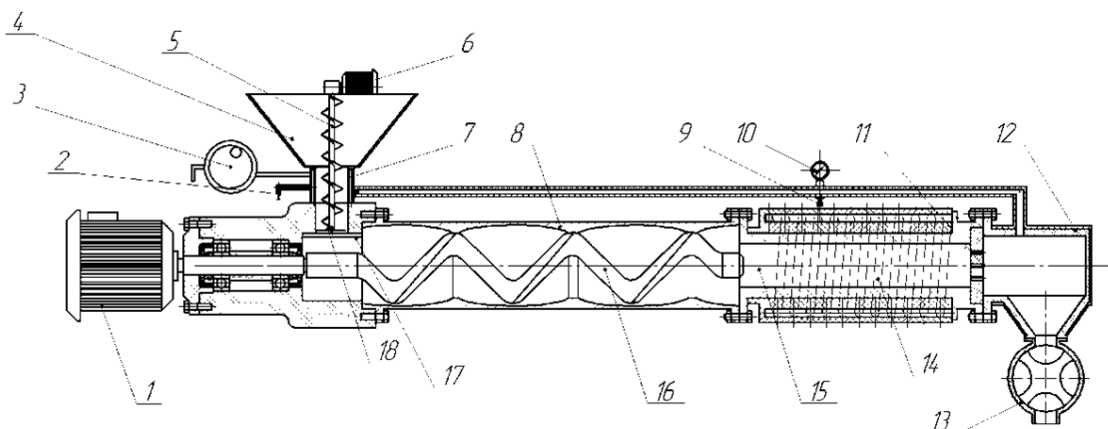


Рис. 1. Энергоэффективный экструдер: 1 – мотор-редуктор; 2 – сливной кран; 3 – вакуумный насос; 4 – приемная камера; 5 – подающий шнек; 6 – электродвигатель; 7 – межстенное пространство; 8 – статор; 9 – вакуум-регулятор; 10 – вакуум-регулятор; 11 – фильера матрицы; 12 – вакуумная камера; 13 – шлюзовый затвор; 14 – индуктор; 15 – стальная труба; 16 – ротор; 17 – решетка; 18 – крестообразный нож

вакуумной системе экструдера, в состав которой кроме насоса 3 входят вакуум-регулятор 9 и вакуум-метр 10.

Основные конструктивно-технологические параметры энергоэффективного экструдера и условия его работоспособности можно определить на основе его системного анализа.

Структурная составляющая этого анализа позволит выявить в рассматриваемой машине составные элементы и связи между ними, а функциональный подход может быть весьма полезен в части уточнения аналитических выражений, характеризующих эти связи.

Таким образом структурная модель энергоэффективного экструдера состоит из пяти относительно самостоятельных узлов (блоков): загрузки и измельчения (З), транспортирования (Тр), нагрева (Н), экструзии (Э) и вакуумной сушки (В) (рис. 2).

В качестве основных оценочных критериев работы экструдера представлены обобщённые значения результирующих факторов его блоков  $y_1 \dots y_6$ .

На значения оценочных критериев влияют факторы, обусловленные внутренней структурой (параметрами) каждого из блоков –  $x_1 \dots x_5$ .

Внешними воздействиями (входными факторами), оказывающими влияние на работу агрегата, являются обобщённые статистические показатели, характеризующие свойства сырья и готового продукта –  $f_1 \dots f_5$ .

Запишем основные ограничения, связанные с условием работоспособности энергоэффективного экструдера с учетом его структурной модели.

Очевидно, что первое из них связано с производительностью каждого блока, входящего с анализируемую модель

$$Q_B \geq Q_{\text{Э}} \geq Q_H \geq Q_{\text{Тр}} \geq Q_3, \quad (1)$$

где  $Q_B$  – объемный расход экструдата на выходе из вакуумной камеры,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$Q_{\text{Э}}$  – объемный расход экструдата на выходе из фильеры экструдера после «взрыва»,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$Q_H$  – объемный расход сырья в камере нагрева,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$Q_{\text{Тр}}$  – объемный расход сырья в блоке транспортирования (подача винтового насоса),  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$Q_3$  – объемный расход сырья на выходе из измельчающего блока,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

При этом можно условно принять, что объемный расход сырья, подаваемого на измельчающее устройство, будет равен подаче сырья в приемный бункер, что будет обеспечиваться соответствующим дозатором.

Объемный расход экструдата на выходе из вакуумной камеры экструдера зависит от производительности шлюзового затвора и является функцией геометрических размеров рабочего органа этого узла экструдера и частоты его вращения.

Одним из основных условий работоспособности анализируемого экструдера является рациональное соотношение числа и диаметра отверстий в фильере и решетке измельчающего блока.

Объемный расход сырья на выходе из измельчающего блока можно определить на основании известной зависимости, применяемой для оценки производительности мясорубки [1, 5]

$$Q_3 = S_0 \cdot v_0 \cdot \phi, \quad (2)$$

где  $S_0$  – суммарная площадь отверстий ножевой решетки,  $\text{м}^2$ ;

$v_0$  – скорости перемещения через ножевую решетку,  $\text{м}/\text{ч}$ ;

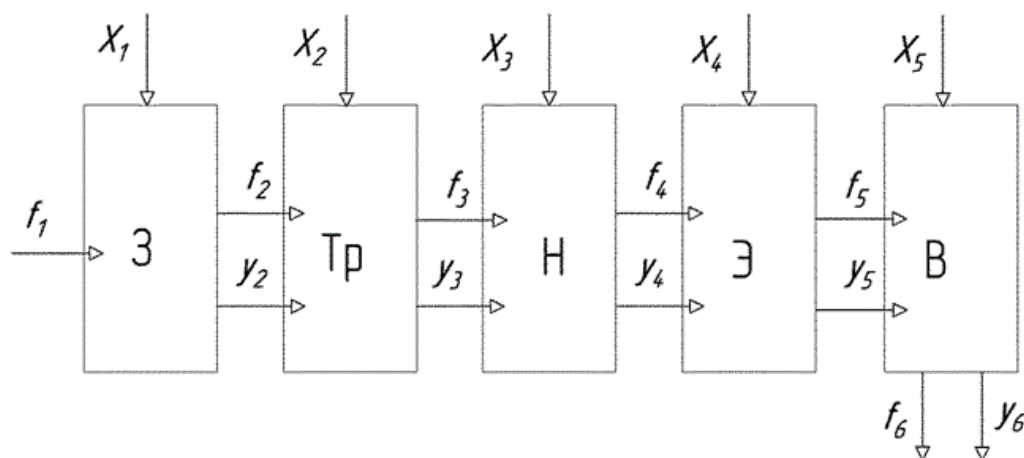


Рис. 2. Структурная модель энергоэффективного экструдера:  $f_1 - f_5$  – обобщённые показатели, характеризующие сырье, поступающее в блоки экструдера, а также готового продукта, выводимого из него ( $f_6$ );  $X_1 - X_5$  – обобщённые значения внутренних факторов блоков;  $y_1 - y_6$  – обобщённые значения результирующих факторов блоков экструдера

$\phi$  – коэффициент использования площади отверстий ножевой решетки.

Суммарную площадь отверстий ножевой решетки можно определить из выражения

$$S_0 = \frac{\pi \cdot d_0^2 \cdot N_0}{4} \quad (3)$$

где  $d_0$  – диаметр отверстия ножевой решетки, м;

$N_0$  – количество отверстий ножевой решетки;

Объемный расход экструдата на выходе из фильеры матрицы экструдера зависит от давлений в тракте машины и за ее пределами и может быть представлен следующей зависимостью [2, 4]

$$Q_{\text{Э}} = \frac{\pi \cdot R_{\text{ф}} \cdot (P_{\text{м}} - P_{\text{а}}) \cdot P_{\text{м}} \cdot N}{8 \cdot \nu \cdot l_{\text{ф}}} \quad (4)$$

где  $R_{\text{ф}}$  – радиус фильеры, м;

$P_{\text{м}}$  – давление, создаваемое экструдером перед матрицей, Па;

$P_{\text{а}}$  – атмосферное давление, Па;

$N$  – число отверстий фильеры;

$\nu$  – кинематическая вязкость экструдата, Па с;

$l_{\text{ф}}$  – длина канала фильеры, м.

В этом уравнении нет информации о скорости истечения экструдированного сырья из фильеры, в связи с чем, более логично рассматривать не объем экструдата на выходе из фильеры, а объемный расход сырья, поступающего к фильере из камеры нагрева экструдера. Этот параметр можно определить на основании следующего уравнения [7]

$$Q_{\text{Н}} = \left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot D^2 \cdot N \cdot \nu \quad (5)$$

где  $D$  – диаметр отверстия фильеры, м;

$\nu$  – средняя скорость перемещения обрабатываемого сырья через фильеру экструдера, м/ч.

Очевидно, что средняя скорость  $\nu$  зависит от отношения

$$D_0 / \sqrt{N} \quad (6)$$

Примечательно, что выбор скорости перемещения частиц экструдированного сырья через отверстие (отверстия) фильеры основан на максимальном давлении, которое может быть создано винтовым насосом с учетом приращения давления в камере

блока нагрева вследствие повышения температуры сырья под действием индукционного нагревателя.

Еще одним объектом структурного анализа рассматриваемой модели энергоэффективного экструдера являются обобщенные статистические показатели, характеризующие свойства сырья и готового экструдата. Эти показатели должны в первую очередь обеспечивать снижение влагосодержания в обрабатываемом сырье и готового продукта по мере прохождения их в каждом блоке модели экструдера.

Корректно считать, что по мере удаления влаги из сырья или готового продукта их масса будет уменьшаться. Тогда это условие можно формализовать уравнением [4]

$$M_{\text{В}} = M_{\text{Э}} - M_{\text{П}} \quad (7)$$

где  $M_{\text{В}}$  – масса экструдата на выходе из вакуумной камеры, кг;

$M_{\text{Э}}$  – масса экструдата на выходе из фильеры экструдера после «взрыва», кг;

$M_{\text{П}}$  – масса жидкости, удаленной из экструдата вместе с паром, кг.

В заключительной части анализа модели энергоэффективного экструдера отметим роль его внутренней структуры.

К основным оценочным критериям, оказывающим влияние на факторы, обусловленные внутренней структурой (параметрами экструдера и вакуумной камеры), относятся температура и давление. При этом для различных блоков модели эти параметры могут быть жестко связаны между собой – на выходе из фильеры экструдера; или относительно независимы – в вакуумной камере экструдера.

Следует отметить, что степень корреляции между указанными факторами для вакуумной камеры экструдера весьма условна, и в принципе при определенных условиях эти параметры могут быть взаимозависимыми.

Таким образом, из приведенной выше информации для анализируемой модели вытекают следующие ограничения:

$$P_{\text{Н}} \gg P_{\text{Э}} \quad (8)$$

где  $P_{\text{Н}}$  – давление обрабатываемого сырья в камере блока нагрева, Па;

$P_{\text{Э}}$  – давление воздуха в вакуумной камере, Па.

В связи с тем, что при атмосферном давлении вода кипит при температуре примерно 100°C, работоспособность вакуумной камеры экструдера обеспечивается достаточно высокой степенью разрежения в ее объеме. Понижение давления воздуха (повышение вакуума) в этом случае диктуется необходимостью более интенсивного «снятия» влагосодержания экструдата за один цикл обработки сырья.

Экспериментальными методами установлено, что при обработке экструдатов в камерах с пониженным давлением воздуха можно снизить содержание воды примерно в 2-2,5 раза по сравнению с первоначальным значением. При этом температура обрабатываемого сырья снижается на 15-20°C [3, 8].

## Литература

- [1] Дипломное проектирование по механизации переработки сельскохозяйственной продукции /А.А. Курочкин, И.А. Спицын, В.М. Зимняков и др. Под ред. А.А. Курочкина. М.: КолосС, 2006. 424 с.
- [2] Курочкин, А. А. Методологические аспекты теоретических исследований пресс-экструдеров для обработки растительного крахмалсодержащего сырья / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, В. В. Новиков, С. В. Денисов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2013. №6(10). С. 46-54.
- [3] Курочкин, А.А. Теоретическое обоснование термовакuumного эффекта в рабочем процессе модернизированного экструдера /А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3. С. 14-20. EDN: UOHJWR
- [4] Курочкин, А. А. Определение объемного расхода сырья в экструдере с термовакuumным эффектом / А. А. Курочкин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 3-7.
- [5] Оборудование перерабатывающих производств /А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.М. Зимняков, П.К. Воронина.–М.: ИНФРА-М, 2015. 363 с. EDN: VWIOIB
- [6] Пат. 2787167 Российская Федерация МПК А23Р 30/20. Энергосберегающий экструдер / заявители: В.М. Зимняков, Ю.В. Польшянский; патентообладатель ФГОУ ВПО Пензенский ГАУ. – №2021138060; заявл. 20.12.2021; опубл. 29.12.2022, Бюл. № 1. 8 с.
- [7] Потапов, М.А. Оптимизация количества отверстий в матрице одношнекового экструдера для переработки птичьего помета М.А. Потапов, Д.И. Фролов, А.А. Курочкин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. Т. 5. № 4. С. 42-48. EDN: AFMRPP
- [8] Фролов, Д.И. Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера /Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, П.К. Гарькина [и др.] // Нива Поволжья . 2019. № 2 (51). С. 134-143. EDN: BIRIFZ

## Выводы

Анализ конструктивно-технологической схемы и структурной модели энергоэффективного экструдера позволил обосновать рекомендации по проектированию основных конструктивных параметров отдельных узлов, а также режимов его рабочего процесса.

## References

- [1] Diplomnoe proektirovanie po mehanizacii pererabotki sel'skhozajstvennoj produkcii /А.А. Kurochkin, I.A. Spicyn, V.M. Zimnjakov i dr. Pod red. А.А. Kurochkina. М.: KolosS, 2006. 424 p.
- [2] Kurochkin, A. A. Methodological aspects of theoretical studies of press extruders for processing vegetable starch-containing raw materials / А. А. Kurochkin, G. V. Shaburova, V. V. Novikov, S. V. Denisov // XXI century: results of the past and problems of the present plus. 2013. No. 6(10). pp. 46-54.
- [3] Kurochkin, A.A. Theoretical substantiation of the thermal vacuum effect in the working process of the modernized extruder /А.А. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronina // Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. 2015. No. 3. pp. 14-20.
- [4] Kurochkin, A. A. Determination of the volume consumption of raw materials in an extruder with a thermal vacuum effect / А. А. Kurochkin // Izvestiya Samara State Agricultural Academy. 2018. No. 1. pp. 3-7.
- [5] Equipment for processing industries /А.А. Kurochkin, G.V. Shaburova, V.M. Zimnyakov, P.K. Voronina. –М.: INFRA-M, 2015.363 p.
- [6] Pat. 2787167 Russian Federation IPC A23R 30/20. Energy saving extruder / Applicants: V.M. Zimnyakov, Yu.V. Polyvnyany; Patent holder FGOU VPO Penza State Agrarian University. - No. 2021138060; dec. 12/20/2021; publ. 12/29/2022, Bull. No. 1. 8 p.
- [7] Potapov, M.A. Optimization of the number of holes in the matrix of a single-screw extruder for processing bird droppings М.А. Potapov, D.I. Frolov, А.А. Kurochkin // Izvestiya Samara State Agricultural Academy. 2020. Vol. 5. No. 4. pp. 42-48. EDN: AFMRPP
- [8] Frolov, D.I. Improving the efficiency of dehydration of extrudate in the vacuum chamber of an upgraded extruder / D.I. Frolov, А.А. Kurochkin, P.K. Garkina [et al.] // Niva of the Volga region. 2019. No. 2 (51). pp. 134-143. EDN: BIRIFZ

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Курочкин Анатолий Алексеевич</b> доктор технических наук профессор кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(927) 382-85-03 <b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru</p>	<p><b>Kurochkin Anatoly Alekseevich</b> D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(927) 382-85-03 <b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru</p>
<p><b>Аширов Равиль Ринатович</b> аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p><b>Ashirov Ravil Rinatovich</b> upostgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

## AUTHOR GUIDELINES

### *Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей*

#### *The procedure for consideration, approval and rejection of articles*

В научно-теоретическом и практическом журнале «Инновационная техника и технология» публикуются статьи, обзорные статьи, доклады, сообщения, рецензии, краткие научные сообщения (письма в редакцию), информационные публикации.

Рукопись должна соответствовать требованиям к оформлению статьи. Рукописи, представленные с нарушением требований, редакцией не рассматриваются.

Рукописи, поступающие в журнал, должны иметь внешнюю рецензию специалистов соответствующих отраслей наук с ученой степенью доктора или кандидата наук.

Рукопись научной статьи, поступившая в редакцию журнала, рассматривается ответственным за выпуск на предмет соответствия профилю журнала, требованиям к оформлению, проверяется оригинальность в системе «Антиплагиат», регистрируется.

Редакция организует рецензирование представленных рукописей. В журнале публикуются только рукописи, текст которых рекомендован рецензентами. Выбор рецензента осуществляется решением главного редактора или его заместителя. Для проведения рецензирования рукописей статей в качестве рецензентов могут привлекаться как члены редакционной коллегии журнала «Инновационная техника и технология», так и высококвалифицированные ученые и специалисты других организаций и предприятий, обладающие глубокими профессиональными знаниями и опытом работы по конкретному научному направлению, как правило, доктора наук, профессора.

Рецензенты уведомляются о том, что присланные им рукописи являются частной собственностью авторов и относятся к сведениям, не подлежащим разглашению. Рецензентам не разрешается делать копии статей для своих нужд. Рецензирование проводится конфиденциально. Нарушение конфиденциальности возможно только в случае заявления рецензента о недостоверности или фальсификации материалов, изложенных в статье.

Если в рецензии на статью имеется указание на необходимость ее исправления, то статья направляется автору на доработку. В этом случае датой поступления в редакцию считается дата возвращения доработанной статьи.

Если статья по рекомендации рецензента подверглась значительной авторской переработке, она направляется на повторное рецензирование тому же рецензенту, который сделал критические замечания.

Редакция оставляет за собой право отклонения статей в случае неспособности или нежелания автора учесть пожелания редакции.

При наличии отрицательных рецензий на рукопись от двух разных рецензентов или одной рецензии на ее доработанный вариант статья отклоняется от публикации без рассмотрения другими членами редколлегии.

Решение о возможности публикации после рецензирования принимается главным редактором, а при необходимости – редколлекцией в целом.

Фамилия рецензента может быть сообщена автору лишь с согласия рецензента.

Редакция журнала не хранит рукописи, не принятые к печати. Рукописи, принятые к публикации, не возвращаются. Рукописи, получившие отрицательный результат от рецензента, не публикуются и также не возвращаются автору.

### *Требования к оформлению статьи*

#### *Article requirements*

Научно-теоретический и практический журнал «Инновационная техника и технология» предназначен для публикации статей, посвященных проблемам пищевой и смежных отраслей промышленности.

Статья должна отвечать профилю журнала, обладать научной новизной, публиковаться впервые.

Объем статьи (включая список литературы, таблицы и надписи к рисункам) должен быть 5–10 страниц. Текст статьи должен быть напечатан на белой бумаге формата А4 (210×297 мм) с одной стороны листа в одну колонку.

Все страницы должны иметь сплошную нумерацию посередине внизу.

Статья включает следующее.

1. Индекс УДК (универсальный десятичный классификатор) – на первой странице в левом верхнем углу.

2. Инициалы и фамилии всех авторов через запятую.

3. Заголовок. Название статьи должно быть кратким (не более 10 слов), но информативным и отражать основной результат исследований. Заголовки набирают полужирными прописными буквами, размер шрифта 12. В заглавии не допускается

использование сокращений, кроме общепризнанных.

4. Аннотация (не более 800 печатных знаков). Отражает тематику статьи, ценность, новизну, основные положения и выводы исследований.

5. Ключевые слова (не более 9).

6. Текст статьи обязательно должен содержать следующие разделы:

**«Введение»**—часть, в которой приводят краткий обзор материалов (публикаций), связанных с решаемой проблемой, и обоснование актуальности исследования. Ссылки на цитированную литературу даются по порядку номеров (с № 1) в квадратных скобках. При цитировании нескольких работ ссылки располагаются в хронологическом порядке. Необходимо четко сформулировать цель исследования.

**«Объекты и методы исследований»:**

- для описания экспериментальных работ—часть, которая содержит сведения об объекте исследования, последовательности операций при постановке эксперимента, использованных приборах и реактивах. При упоминании приборов и оборудования указывается название фирмы на языке оригинала и страны (в скобках). Если метод малоизвестен или значительно модифицирован, кроме ссылки на соответствующую публикацию, дают его краткое описание;

- для описания теоретических исследований—часть, в которой поставлены задачи, указываются сделанные допущения и приближения, приводится вывод и решение основных уравнений. Раздел не следует перегружать промежуточными выкладками и описанием общеизвестных методов (например, методов численного решения уравнений, если они не содержат элемента новизны, внесенного авторами);

**«Результаты и их обсуждение»**—часть, содержащая краткое описание полученных экспериментальных данных. Изложение результатов должно заключаться в выявлении обнаруженных закономерностей, а не в механическом пересказе содержания таблиц и графиков. Результаты рекомендуется излагать в прошедшем времени. Обсуждение не должно повторять результаты исследования.

**«Выводы»** В конце раздела рекомендуется сформулировать основной вывод, содержащий ответ на вопрос, поставленный в разделе «Введение».

Текст статьи должен быть набран стандартным шрифтом Times New Roman, кегль 10, межстрочный интервал—одинарный, поля—2 см. Текст набирать без принудительных переносов, слова внутри абзаца разделять только одним пробелом, не использовать пробелы для выравнивания. Следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, дублирования одних и тех же результатов в таблицах и графиках.

**Математические уравнения и химические формулы** должны набираться в редакторе формул (использовать английский алфавит) Equation

(MathType) или в MS Word одним объектом, а не состоять из частей. Необходимо придерживаться стандартного стиля символов и индексов: английские—курсивом (Italic), русские и греческие—прямым шрифтом, с указанием строчных и прописных букв, верхних и нижних индексов. Химические формулы набираются 9-м кеглем, математические—10-м. Формулы и уравнения печатаются с новой строки и нумеруются в круглых скобках в конце строки.

Рисунки должны быть представлены в формате \*.png, \*.jpg или \*.tiff. Подписная подпись должна состоять из номера и названия (Рис. 1. ...). В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки.

**Графики, диаграммы и т.п.** рекомендуется выполнять в программах MS Excel или MS Graph и **вставлять картинкой**. Таблицы должны иметь заголовки и порядковые номера. В тексте статьи должны присутствовать ссылки на каждую таблицу.

Таблицы, графики и диаграммы не должны превышать по ширине 8 см. Допускаются смысловые выделения—полужирным шрифтом.

7. Список литературы. Библиографический список оформляется согласно ГОСТ Р 7.0.5 – 2008 «Библиографическая ссылка». Список литературы приводится в порядке цитирования работ в тексте. В тексте статьи дается порядковый номер источника из списка цитируемой литературы в квадратных скобках. Ссылки на электронные документы должны оформляться согласно ГОСТ 7.82–2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов».

Не рекомендуется использовать более трех интернет-источников, а также литературу, с момента издания которой прошло более 10 лет.

В список литературы не включаются неопубликованные работы, учебники, учебные пособия и тезисы материалов конференций.

8. Полное название учреждения (место работы), город, почтовый адрес и индекс, тел., e-mail (организации).

9. На английском языке необходимо представить следующую информацию:

а) заглавие статьи; б) инициалы и фамилии авторов; в) текст аннотации; г) ключевые слова (key words); д) название учреждения (с указанием почтового адреса, тел., e-mail).

В случае несоответствия оформления статьи предъявляемым требованиям статья не публикуется. Статьи подлежат общему редактированию.

В редакцию предоставляются:

1) электронная версия статьи в программе MS Word 2007–2013. Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора—ПетровГП.doc. Не допускается в одном файле помещать несколько файлов;

2) **приложить графики и рисунки в формате графических файлов \*.png, \*.jpg или \*.tiff; таблицы в формате excel.**

3) сведения об авторах (на русском и английском языках): фамилия, имя, отчество каждого соавтора, место и адрес работы с указанием должности, структурного подразделения, ученой степени, звания; контактный телефон, домашний адрес, электронная почта, дата рождения. Звездоч-

кой указывается автор, с которым вести переписку. Файл следует назвать по фамилии первого автора – ПетровГП\_Анкета.doc;

5) рецензия на статью, оформленная согласно образцу, от внешнего рецензента. Подпись внешнего рецензента заверяется соответствующей кадровой структурой.

### ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В БАЗУ ДАННЫХ AGRIS СТАТЬЯ ДОЛЖНА СОДЕРЖАТЬ СЛЕДУЮЩУЮ ИНФОРМАЦИЮ:

1. Сведения об авторах: ( ФИО всех авторов на русс. и англ яз, полное название организации – место работы авторов, адрес эл. почты, должность, ученая степень).

2. Название статьи (на русском и английском языках);

3. Реферат (на русском и английском языках) 200- 250 слов;

Не следует начинать реферат с повторения названия статьи! Необходимо осветить цель исследования, методы, результаты (с приведением количественных данных), четко сформулировать выводы. Не допускаются разбивка на абзацы и использование вводных слов и оборотов! Необходимо представлять сведения об объектах исследования. Следить, чтобы в тексте не было повторов и вводных оборотов типа «На основании проведенных исследований можно сказать» (вполне достаточно «установлено» или «сделан вывод»). Все числительные – цифрами.

4. Ключевые слова (на русском и английском языках);

Термины Agrovoc это ключевые слова к Вашей статье, используемые в системе цитирования Agris. Они вводятся на английском языке, и чаще всего совпадают с ключевыми словами Вашей статьи. Для проверки соответствия ключевого слова термину Agrovoc, введите его в поисковой строке сайта Agrovoc. Если термин найден, добавьте его в соответствующее поле формы отправки статьи, если же ключевое слово отсутствует среди терминов Agrovoc, то попробуйте подобрать максимально близкий по смыслу синоним. При отправке статьи используйте минимум 2 и максимум 15 терминов Agrovoc.

*Сервис поиска терминов Agrovoc: <http://aims.fao.org/skosmos/agrovoc/en/search?clang=ru>*

5. Список литературы должен быть представлен на русском языке и на латинице (транслитерация). В списке литературы не должно быть ссылок на одного и того же автора, минимум ссылок на правовые и нормативные документы, наличие ссылок на иностранные публикации. Не допускается машинный перевод текста на английский язык.

### ТРАНСЛИТЕРАЦИЯ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Для того, чтобы попасть в зарубежные аналитические базы данных Scopus и Web of Science необходимо оформлять статьи (в том числе в электронных научных журналах) в соответствии с требованиями зарубежных баз данных.

#### Этапы преобразования ссылки

1) На сайте <http://www.translit.ru> (в раскрывающемся списке «варианты» выбирать вариант, например: системы Госдепартамента США - BSI). Вставляем текст ссылки на русском языке и нажимаем кнопку «в транслит». Название научного журнала в транслитированном списке литературы должно совпадать с транслитированным названием журнала, которое зарегистрировано при его включении в международные базы данных.

2) Англоязычные версии названий многих публикаций, журналов, книг и т.д. можно найти на сайте Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru/>).

3) Переводим с помощью онлайн-переводчика все описание источника (название книги, статьи и т.д., кроме авторов) на английский язык, перевод редактируем и переносим в формируемый список (за транслитированным названием).

4) Объединяем описания в транслите и переводное, оформляя в соответствии с принятыми правилами. Нужно раскрыть место издания (например, Moscow), а также исправить обозначение страниц на английский язык (например, вместо 124 s. – 124 p., S. 12-15 – pp. 12-15) и номера («№» на «No.»). Курсивом выделяем название источника (при описании статьи) или название книги (монографии, сборника). Убираем знаки предписанной пунктуации (ГОСТ 7.1-2003) между областями описания, заменяем их на запяты, авторов (всех) ставим перед заглавием.

### Порядок преобразования ссылки

Переводим ссылку в транслит и убираем знаки предписанной пунктуации (ГОСТ 7.1-2003) между областями описания (*//* и *.-*), заменяем их на запятые, авторов (всех) ставим перед заглавием:

**Baitin M. I., Petrov D. E.** Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva, Pravo i politika, 2004, № 1, S. 19-30.

После транслитерированного заглавия статьи вставляем в квадратные скобки перевод заглавия на английский язык и выделяем название журнала (книги, монографии) курсивом:

Baitin M. I., Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva [**Sector of law and sector of legislation**], **Pravo i politika**, 2004, № 1, S. 19-30.

Меняем «№» на «No.» и страницы - «S.» на «pp.». Обязательно должны быть указаны первый и последний номера страниц статьи:

Baitin M. I., Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva (Sector of law and sector of legislation), Pravo i politika, 2004, No. 1, pp. 9-30.

### Примеры оформления списка литературы в латинице

#### Описание статьи из журнала:

Osintsev A.M., Braginskii V.I., Ostroumov L.A., Gromov E.S. Ispol'zovanie metodov dinamicheskoi reologii dlya issledovaniya protsessa koagulyatsii moloka [Application of dynamic rheology in studying milk coagulation process]. Agricultural Commodities Storage and Processing, 2002, no. 9, pp. 46–49.

#### Описание статьи из электронного журнала:

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. Journal of Computer- Mediated Communication, 1999, vol. 5, no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/> (Accessed 28 April 2011).

#### Описание статьи с DOI:

Korotkaya E.V., Korotkiy I.A. Effect of freezing on the biochemical and enzymatic activity of lactobacillus bulgaricus. Food and Raw Materials, 2013, vol. 1, no. 2, pp. 9-14. doi:10.12737/2046

Описание статьи из продолжающегося издания (сборника трудов)

Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Eksperimental'noe issledovanie prochnosti soedinenii «stal'-kompozit» [Experimental study of the strength of joints «steel-composite»]. Trudy MGTU «Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh tekhnicheskikh sistem» [Proc. of the Bauman MSTU “Mathematical Modeling of Complex Technical Systems”], 2006, no. 593, pp. 125-130.

#### Описание книги (монографии, сборники):

Berezov T.V., Korovin B.F. Bioorganicheskaya khimiya [Bioorganic Chemistry]. Moscow, Meditsina, 1990. 221 p.

Ot katastrofy k vozrozhdeniju: prichiny i posledstviya razrusheniya SSSR [From disaster to rebirth: the causes and consequences of the destruction of the Soviet Union]. Moscow, HSE Publ., 1999. 381 p.

#### Описание Интернет-ресурса:

Pravila Tsitirovaniya Istochnikov (Rules for the Citing of Sources) Available at: <http://www.scribd.com/doc/1034528/> (accessed 7 February 2011)

#### Описание диссертации или автореферата диссертации:

Semenov V.I. Matematicheskoe modelirovanie plazmy v sisteme kompaktnyi tor. Diss. dokt. fiz.-mat. nauk [Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Dr. phys. and math. sci. diss.]. Moscow, 2003. 272 p.

#### Описание ГОСТа:

GOST 8.586.5–2005. Metodika vypolneniia izmerenii. Izmerenie raskhoda i kolichestva zhidkosti i gazov s pomoshch'iu standartnykh suzhaiushchikh ustroystv [State Standard 8.586.5 –2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p.

#### Описание патента:

Palkin M.V., Kulakov A.V. Sposob orientirovaniia po krenu letatel'nogo apparata s opticheskoi golovkoi samonavedeniia [The way to orient on the roll of aircraft with optical homing head]. Patent RF, no. 2280590, 2006.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ**

**Том 10**

**№ 2**

**2023**

*Разработка оригинал-макета – Фролов Д. И.*

*Сдано в производство 25.06.2023. Формат 60X84/8*

*Бумага типогр. №1. Печать ризография. Шрифт Times New Roman.*

*Усл. печ. л. 7,21. Тираж 50 экз.*